

ENSAYOS

Revista de Economía

Volumen XXXI, número 1

mayo de 2012

Artículos

Efectos de derrame y de alimentación industrial en América del Norte: un enfoque nacional e internacional

Marco Antonio Márquez Mendoza

Modelación de decisiones laborales de los padres y las madres de Nuevo León: aplicación de los modelos de negociación

Jeyle Ortiz Rodríguez

Valuación económica de proyectos energéticos mediante opciones reales: el caso de energía nuclear en México

Francisco Álvarez Echeverría, Pablo López Sarabia, Francisco Venegas Martínez

Monopolios naturales y tecnología

Elvio Accinelli, Leonardo Tenorio



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Economía

Centro de Investigaciones Económicas



Universidad Autónoma de Nuevo León

Rector

Dr. med. Santos Guzmán López

Secretario General

Dr. Juan Paura García

Secretario Académico

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado

Director de Editorial Universitaria

Lic. Antonio Jesús Ramos Revillas

Directora de la Facultad de Economía

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Director del Centro de Investigaciones Económicas

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Editor Responsable

Dr. Jorge Omar Moreno Treviño

Editores Asociados

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Dr. Daniel Flores Curiel

Dra. Cinthya Guadalupe Caamal Olvera

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Consejo Editorial

Alejandro Castañeda Sabido (Comisión Federal de Competencia Económica, México)

Dov Chernichovsky (University of the Negev, Israel)

Richard Dale (University of Reading, Inglaterra)

Alfonso Flores Lagunes (Syracuse University, EUA)

Chinhui Juhn (University of Houston, EUA)

Timothy Kehoe (University of Minnesota, EUA)

Félix Muñoz García (Washington State University, EUA)

Salvador Navarro (University of Western Ontario, Canadá)

José Pagán (The New York Academy of Medicine, EUA)

Elisenda Paluzie (Universitat de Barcelona, España)

Leobardo Plata Pérez (Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México)

Martín Puchet (Universidad Nacional Autónoma de México, México)

Patricia Reagan (Ohio State University, EUA)

Mark Rosenzweig (Yale University, EUA)

Ian Sheldon (Ohio State University, EUA)

Carlos Urzúa Macías († 2024) (Tecnológico de Monterrey, México)

Francisco Venegas Martínez (Instituto Politécnico Nacional, México)

Comité Editorial

Ernesto Aguayo Téllez, Lorenzo Blanco González (UANL, México)

Alejandro Ibarra Yúnez (Tecnológico de Monterrey, México)

Vicente Germán-Soto (Universidad Autónoma de Coahuila, México)

Raúl Ponce Rodríguez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México)

Ignacio de Loyola Perrotini Hernández (Universidad Nacional Autónoma de México)

Edición de redacción, estilo y formato

Paola Beatriz Cárdenas Pech

Bricelda Bedoy Varela

Ensayos Revista de Economía, Vol. 31, No. 1, enero-junio 2012. Es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía con la colaboración del Centro de Investigaciones Económicas. Domicilio de la publicación: Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930. Tel. +52 (81) 8329 4150 Ext. 2463 Fax. +52 (81) 8342 2897. Editor Responsable: Jorge Omar Moreno Treviño. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2009-061215024200-102, ISSN 1870-221X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido No. 14910, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1182771. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de mayo de 2012. Tiraje: 30 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía, Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Impreso en México

Todos los derechos reservados

© Copyright 2012

ensayos.uanl.mx

Índice

<i>Efectos de derrame y de alimentación industrial en América del Norte: un enfoque nacional e internacional</i>	1
--	---

Marco Antonio Márquez Mendoza

<i>Modelación de decisiones laborales de los padres y las madres de Nuevo León: aplicación de los modelos de negociación</i>	35
--	----

Jeyle Ortiz Rodríguez

<i>Valuación económica de proyectos energéticos mediante opciones reales: el caso de energía nuclear en México</i>	75
--	----

Francisco Álvarez Echeverría, Pablo López Sarabia,
Francisco Venegas Martínez

<i>Monopolios naturales y tecnología</i>	99
--	----

Elvio Accinelli, Leonardo Tenorio

Efectos de derrame y de retroalimentación industrial en América del Norte: un enfoque nacional e internacional

Marco Antonio Márquez Mendoza*

Fecha de recepción: 10 XII 2010

Fecha de aceptación: 21 II 2011

Resumen

Una estrategia económica empleada por las naciones ha sido la formación de bloques comerciales bajo la teoría de las ventajas comparativas. Sin embargo, la evidencia empírica muestra que los multiplicadores del comercio sobre la estructura económica no son siempre como los predice la teoría. Este trabajo analiza los efectos de derrame y retroalimentación para una matriz de coeficientes internacionales en América del Norte construida con el modelo Chenery-Moses y con los datos de la UNCTAD. Los resultados sugieren que la estructura económica de Canadá, la derrama y la retroalimentación son mayores por el lado de la demanda; mientras que en el caso de México, son mayores por la oferta. Con respecto a Estados Unidos, la derrama y la retroalimentación son significativas por oferta y por demanda, además, los resultados muestran que las derramas que hace Estados Unidos a sus socios comerciales, por la vía de las exportaciones e importaciones, son menores de las que hacen Canadá y México a Estados Unidos.

Palabras Clave: crecimiento, exportaciones-importaciones, modelo multi-regional de insumo-producto, derrama y retroalimentación estructurales, América del Norte.

Clasificación JEL: D57, F19, O49, R15.

Abstract

The nation's economic strategy has been the formation of trade blocks under the theory of comparative advantage. However, empirical evidence shows that the multipliers of trade on economic structure not all countries are as predicted by theory. This paper analyzes Feedback and Spillover effects for International Coefficients Matrix in North America constructed with Chenery - Moses model and the UNCTAD data. In the Canadian economy

*Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: antoniomrqz@gmail.com

structure the trilateral matrix results suggests that the Feedback and Spillover effects are significant on the demand side whereas in the case of Mexico they are higher in the supply side. In regard to the United States, Feedback and Spillover are significant on the supply and demand side. Also the results conclude that Spillovers from United States to its partners business by exports and imports are lower than those from Canada and Mexico to United States.

Keywords: Growth, Exports-Imports, Multi-Regional Input-Output Model, Structural Spillovers and Feedback effects, North America.

JEL Classification: D57, F19, O49, R15.

Introducción

Durante la década de los noventa, el modelo de crecimiento en algunos países fue la causa principal para la promoción de las exportaciones, bajo el argumento de la existencia de una relación positiva entre comercio y desarrollo. A partir del modelo Heckscher-Ohlin, esta relación hace posible que entre países con dotación de recursos y niveles de desarrollo distintos, el comercio tienda a intensificarse, debido a las ventajas comparativas y los beneficios mutuos del intercambio comercial una vez que se iguala el precio de los factores (Samuelson, 1983). De esta manera, los multiplicadores alcanzados por el comercio generan un impacto favorable en el uso de factores y en las relaciones de insumo y producto gracias al alcance de economías a escala y el acceso a divisas favorables (Krueger, 1990).

Aunado a la estrategia de promoción de exportaciones, algunos países formalizaron tratados de libre comercio (TLC) con la finalidad de eliminar las barreras arancelarias e intensificar el comercio entre los miembros del tratado (Tussie y Lengyel, 2002). Se argumentó que los TLC eran favorables para el desarrollo de los países debido a la cercanía geográfica y a la disminución en el costo del transporte (Frenkel, Stein y Wei, 1995). Sin embargo, los beneficios de los TLC dependen de la fortaleza económica interna de cada miembro para generar riqueza, de los impulsos al desarrollo en innovaciones y de la producción de bienes con alto contenido tecnológico, que respondan a un aparato productivo sectorial integrado que permita la existencia de externalidades favorables al crecimiento (Tironi, 1977).

El tratado de libre comercio en América del Norte (TLCAN) fue el acuerdo que caracterizó las relaciones comerciales entre México – Estados Unidos y Canadá hacia el final del siglo XX. El TLCAN ha sido la estrategia de crecimiento para la economía de Estados Unidos, ya que ha intensificado y

ha reducido la agenda de integración económica y social con sus socios (Curzio, 2009).

Algunos trabajos sobre el bloque comercial de América del Norte dieron muestra del desventajoso papel de la economía de México frente a sus socios. Se consideró que el sector exportador quedaría más vinculado a los sectores que se caracterizan por la existencia de empresas multinacionales, pero con una producción escasa para el mercado nacional; por ejemplo, en el caso de las exportaciones del sector maquilador, los impactos del TLCAN sobre la economía mexicana afectarían en la disminución de la generación de valor de los insumos nacionales que fueron utilizados (Cardero, 1996). También se consideró que por efecto de la formación del bloque en América del Norte, México tendría una ventaja relevante porque dejaría de depender del producto del petróleo, debido al considerable crecimiento de la inversión extranjera directa (IED) y de las industrias manufactureras (Rubio, 1994).

No obstante, en los años inmediatos al TLCAN, México experimentó tasas de crecimiento en IED, aunque dicha inversión generó poco impacto en la estructura económica del país. El TLCAN contribuyó a que la economía mexicana se incorporara a las cadenas productivas del mercado global, pero con más propensión a importar que hacia su capacidad de exportar (Novelo, 2006). Al respecto, Gazol (2004) afirma que en la economía mexicana, el crecimiento, el empleo y los salarios han sido desfavorecidos por las exportaciones ya que estas tienen un impacto limitado por el contenido de lo que se importa. Ciertamente, el crecimiento de las exportaciones tiene poco impacto a causa de los escasos efectos de encadenamientos hacia atrás en la estructura económica de México y en razón de que el comercio se ha especializado en sectores de alta tecnología y ha requerido menos mano de obra que en las manufacturas tradicionales (Ruiz, 2006).

Otros autores han comprobado que la inversión, tanto privada como extranjera por hombre empleado, ha tenido un impacto favorable en la productividad del trabajo (Ramirez, 2006). Se ha evaluado la productividad total del factor en la industria manufacturera en el período posterior al TLCAN y se ha diagnosticado un impacto favorable sobre la productividad total en dicha industria, debido a las crecientes entradas de la IED en el país (Mollick y Cabral, 2009).

Desde una tabla de insumo-producto para América del Norte (TIPAN), se puede analizar el grado de integración, articulación, el tamaño del multiplicador, el papel y la posición estructural de cada sector y de cada región del sistema económico. Además, es posible analizar la dotación de los recursos económicos entre regiones o países. Sin embargo, al tratar la teoría de la localización de recursos desde una tabla de insumo-producto (TIP), es

necesario hacer supuestos duros sobre la proximidad geográfica y las funciones de producción entre cada región (Isard, 1951) o entre países (Leontief *et al.*, 1953). Empleando una TIPAN se pueden construir indicadores que estén basados en la proximidad económica, es decir, considerando los modelos de oferta y demanda.

Este documento se divide en tres secciones. En la primera, se describe el modelo multi-regional de insumo-producto (MRIO) y se define el concepto de derrame y retroalimentación. En la segunda sección, se describe la base de datos empleada y se evalúa el derrame y la retroalimentación para el bloque de América del Norte. Finalmente, en la última sección, el documento destaca algunos hechos.

1. Análisis regional en el modelo de insumo-producto

El modelo insumo-producto (MIP) en el nivel regional fue desarrollado en función de la localización de los recursos en una economía, debido a que los determinantes del flujo económico entre dos regiones son explicados por la diferencia de la dotación de factores y la búsqueda de economías a escala (Isard, 1951). No obstante, dentro de la literatura han existido tres modelos fundamentales, a saber: el modelo interregional (IRIO) (Isard, 1960), el modelo de balance regional (Leontief *et al.*, 1953) y el modelo multi-regional (MRIO) (Chenery, 1953; Moses, 1955).

Si bien cada modelo contiene una estructura parecida, no obstante, la interpretación de las tablas interregionales y de cómo se obtienen es diferente. Por ejemplo, en el caso de IRIO y del balance regional, se parte de tablas interregionales; sin embargo en el balance regional o internacional, se incorpora la proporción de producto de cada región o países. El MRIO se basa en la construcción de coeficientes técnicos de la región por las proporciones de comercio entre las regiones. Pese a lo anterior, el efecto derrame y retroalimentación son cuestiones que se tratan al interior de los modelos; además, se ha comprobado que el tamaño de los efectos para cada modelo difieren poco para un mismo ejercicio (Miller y Blair, 2009).

Los trabajos de MIP que abordan el análisis regional se han referido únicamente al efecto de la derrama y retroalimentación por el lado de la demanda, algunos ejemplos de ellos los encontramos en Sim, Secretario y Suan (2007) que realizan tablas interregionales para dos regiones de Tailandia (Mukdahan y Svannakhet) bajo el método de proporción de coeficientes de comercio entre las regiones; así mismo, en sus trabajos muestran los efectos de la derrama y la retroalimentación agrupados desde el

modelo de Isard (1960). La investigación incluye simulaciones de impacto sobre demanda final, valor agregado y comercio.

Meng y QU (2007) estiman las TIP interregionales a precios constantes, para el caso de China con la matriz de 1997, mediante un método GRID (*generation of regional input-output decomposition tables*), y también trabajan el efecto derrama y retroalimentación por el lado de la demanda. Kim, Secretario y Kaneko (2010) hacen una TIP regional para el caso de Filipinas y descomponen la matriz nacional para 5 regiones; un elemento que destaca es que se presentan los cálculos de los efectos de derrama parecidos a la descomposición de Miyazawa (1971) en lo que se refiere a los efectos externos.

Uno de los problemas que presentan todos los trabajos sobre el MIP en el nivel regional o internacional es el de la base de datos (Pulido, 1996). Aun cuando existen diversas soluciones para generar las TIP interregionales, el problema surge cuando las cuentas nacionales y la definición de los sectores económicos tienen diferentes criterios en la generación de las bases de datos y en las definiciones de las ramas económicas. Por ejemplo, la Unión Europea al final de la década de los noventa del siglo pasado formalizó una lista de criterios para la elaboración de los datos regionales, lo cual permitió la construcción de la TIP para la Unión Europea de 2000 (27 países); sin embargo, aún existen márgenes de error en la elaboración de la TIP para Europa (Rueda, Beutel, Neuwahl, Löschel y Mongelli, 2009).

Otro caso internacional es el de la construcción de la tabla para Asia que incluye 10 países en la región pacífico, que corresponde al año 2000 (Miller y Blair, 2009). En esta tabla, se han realizado varios supuestos para su elaboración, ya que se utiliza la información generada por la institución nacional y las tablas disponibles en cada país, sin embargo, los criterios de desagregación o agregación sectorial son distintos. El caso de la Unión Europea, y el de este trabajo, contiene criterios más homogéneos en la definición de las cuentas regionales debido a la clasificación sectorial que hace Eurostat para el caso de Europa; mientras que, en el caso de América del Norte, se utilizaron estadísticas que elabora la UNCTAD.

1.1 Metodologías en la estimación de las tablas interregionales de insumo-producto

Una conclusión del modelo de insumo-producto regional es que el crecimiento depende de la fuerza del derrame que hace una región sobre otra, cuando aquella compra insumos; y de la fuerza de la retroalimentación, cuando las compras de insumos a esa región significan crecimiento del producto debido a las ventas. Pero, para vender los insumos, se requiere de la

compra de otros insumos producidos fuera de esa región, así, la región que los compró vuelve a experimentar un crecimiento por la venta de su producto como insumo a la otra región (Miller, 1998).

La metodología del MIP ha desarrollado modelos en la estimación de las tablas regionales e internacionales desde diferentes métodos, como los de coeficientes de exportación (Chenery, 1953; Hewings, 1969; Ishikawa y Miyagi, 2004), que consisten en la construcción de coeficientes de envíos de industria-región sobre demanda final.

Otro método es el de los coeficientes de localización (Brand, 1997; Flegg y Webber, 2000), que utiliza la información del valor bruto de la producción. A partir de este método, se construye el modelo gravitacional (Cole, 1996; Lindall, Olso y Alward, 2006), el cual mide la distancia entre los sectores económicos de acuerdo con los insumos por unidad requerida en la producción.

Existen otros métodos de estimación de las TIP interregionales, como son el enfoque de alberca en oferta y demanda (Schaffer y Chu, 1969; Stevens, Treyz y Lahr, 1989), cuya base son las matrices de oferta y de uso. También, el de los coeficientes regionales de compra (Lazarus, Platas y Morse, 2002) que parten de la información de la proporción de insumo por región, del total de insumos regionales y de la producción sectorial por región. Finalmente, está el método híbrido (Lahr, 1993; Piispala, 2000) que utiliza el vector de demanda intermedia, el del producto y el de consumo intermedio de sector por región.

Estos métodos han ayudado a diagnosticar el estado de las relaciones intersectoriales en el nivel regional para países como Bulgaria, Canadá, China, Finlandia, Estados Unidos y Japón, entre algunos; además, en el nivel internacional, se cuenta con la TIP para la Unión Europea o la de Asia (Rueda *et al.*, 2009; Miller y Blair, 2009).

No obstante, la tradición de los modelos regionales desde la perspectiva insumo-producto, sólo han tratado los efectos de derrame y retroalimentación por el lado de la demanda; sin embargo, utilizando la inversa de Ghosh (1958) es posible tratar dichos efectos por el lado de la oferta y así diagnosticar los efectos de derrame hacia adelante, que han sido establecidos por Hirschman (1958) y que indican que por crecimiento de la oferta de un sector a otro, se estimula el consumo a un tercer sector. Es importante considerar los efectos derrame y retroalimentación por oferta y demanda en el modelo regional o internacional, en este último caso, se estaría analizando el impacto de las exportaciones e importaciones.

1.2 Modelo multi-regional de insumo-producto para el bloque de América del Norte

En este apartado, se formalizan las ecuaciones fundamentales para la descripción de un modelo de tres regiones o países (lo cual se utilizará de manera indistinta), y se identifican los efectos de derrama y retroalimentación industrial desde el enfoque de la demanda y oferta. Para tales fines, partimos de la estructura general de una tabla de insumo-producto para América del Norte (TIPAN), que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Tabla Insumo-Producto para América del Norte

Producto (exportaciones) Insumos (importaciones)	Canadá	Estados Unidos	México	Demanda Final	Valor Bruto de la Producción
Canadá	Z^{CC}	Z^{CEU}	Z^{CM}	F^C	X^C
Estados Unidos	Z^{EUC}	Z^{EUEU}	Z^{EUM}	F^{EU}	X^{EU}
México	Z^{MC}	Z^{MEU}	Z^{MM}	F^M	X^M
Importaciones del Resto del Mundo	Z^{RMC}	Z^{RMEU}	Z^{RMM}		
Valor Agregado	VA^C	VA^{EU}	VA^M		
Valor Bruto de la Producción	X^C	X^{EU}	X^M		

Fuente: elaboración propia.

Los supra-índices indican el país en cuestión; por ejemplo, C es utilizado para Canadá, EU es de Estados Unidos, M de México y RM es para indicar el Resto del Mundo. “ Z ” es las transacciones intermedias”, “ F es la demanda final”, “ VA es el valor agregado” y “ X es el Valor Bruto de la Producción”. Z^{CC} , Z^{EUEU} y Z^{MM} representan las matrices de transacciones internas de cada país, fuera de ellas son los insumos utilizados y contabilizados en el comercio (importaciones-exportaciones). Por ejemplo, la matriz Z^{EUC} leída horizontalmente representa los insumos exportados de Estados Unidos a Canadá, mientras que verticalmente indica, simultáneamente, los insumos importados a Canadá que provienen de Estados Unidos.

Ahora bien, siguiendo el modelo de Isard (1960), el valor bruto de la producción es la suma de los productos de los países, sin embargo, dicho valor puede ser expresado desde el lado de la demanda o de la oferta. Para el primer caso, el valor bruto de la producción para América del Norte, X_D^{AN} , queda definido de la siguiente forma:

Por el lado de la oferta, el producto del sector i de América del Norte por región se define, como:

$$\begin{aligned}
 x_i^C &= [z_{il}^{CC} + z_{(l+1)l}^{CC} + \dots + z_{lj}^{CC}] + [z_{kl}^{EUC} + z_{(k+1)l}^{EUC} + \dots + z_{li}^{EUC}] + [z_{ml}^{MC} + z_{(m+1)l}^{MC} + \dots + z_{ni}^{MC}] + va_i^C \\
 &\vdots \\
 x_j^C &= [z_{ij}^{CC} + z_{(i+1)j}^{CC} + \dots + z_{jj}^{CC}] + [z_{kj}^{EUC} + z_{(k+1)j}^{EUC} + \dots + z_{lj}^{EUC}] + [z_{mj}^{MC} + z_{(m+1)j}^{MC} + \dots + z_{nj}^{MC}] + va_j^C \\
 x_k^{EUC} &= [z_{kl}^{CEU} + z_{(l+1)k}^{CEU} + \dots + z_{jk}^{CC}] + [z_{kk}^{EUEU} + z_{(k+1)k}^{EUEU} + \dots + z_{lk}^{EUEU}] + [z_{mk}^{MEU} + z_{(m+1)k}^{MEU} + \dots + z_{nk}^{MEU}] + va_k^{EUC} \\
 &\vdots \\
 x_l^{EUC} &= [z_{ll}^{CEU} + z_{(l+1)l}^{CEU} + \dots + z_{lj}^{CC}] + [z_{kl}^{EUEU} + z_{(k+1)l}^{EUEU} + \dots + z_{li}^{CEU}] + [z_{ml}^{MEU} + z_{(m+1)l}^{MEU} + \dots + z_{ni}^{MEU}] + va_l^{EUC} \\
 x_m^{EUC} &= [z_{lm}^{CM} + z_{(l+1)m}^{CM} + \dots + z_{jm}^{CM}] + [z_{km}^{EUM} + z_{(k+1)m}^{EUM} + \dots + z_{lm}^{EUM}] + [z_{mm}^{MM} + z_{(m+1)m}^{MM} + \dots + z_{nm}^{MM}] + va_m^{EUC} \\
 &\vdots \\
 x_n^{EUC} &= [z_{ln}^{CM} + z_{(l+1)n}^{CM} + \dots + z_{jn}^{CM}] + [z_{kn}^{EUM} + z_{(k+1)n}^{EUM} + \dots + z_{ln}^{EUM}] + [z_{mn}^{MM} + z_{(m+1)n}^{MM} + \dots + z_{nn}^{MM}] + va_n^{EUC}
 \end{aligned} \quad (4)$$

con $i = 1 \dots j, k = (j+1) \dots l$ y $m = (l+1) \dots n$

De esa manera, el producto de un sector de una región queda contabilizado por las compras que hace a otros sectores de la misma región y las que hace a los sectores de otras regiones; por ejemplo, z_{im}^{CM} son las compras que hace el sector i de la región de Canadá al sector m de México. Estas son las importaciones de Canadá que provienen de México del sector i al m .

Uno de los supuestos del MIP es que las funciones de producción son lineales y homogéneas, presentan rendimientos constantes a escala; por lo tanto, los coeficientes o parámetros de la misma son constantes o fijos (Raa, 2005). Sin embargo, como la TIP representa un momento en el tiempo, es decir es de corto plazo, la tecnología no cambia, solo se sabe cuál es el consumo de los insumos utilizados para la producción de una industria. Dada la forma como se calcula el producto en las TIP, se deduce que las industrias al duplicar el producto consecuentemente duplican la utilización de insumos (Aroche, 1993).

Desde el modelo de demanda, se definen los coeficientes técnicos como la proporción de insumo por unidad de producto generado. De esta forma, al duplicarse la producción se duplica la utilización de insumos, pero permanece la misma proporción de cada insumo en el producto total de un sector particular (Leontief, 1986).

Ahora bien, el conjunto de coeficientes técnicos quedan definimos como sigue:

$$\begin{aligned}
 A^{CC} &= \left\{ a_{ij}^{CC} = z_{ij}^{CC} / x_j^C \right\}, & A^{CEU} &= \left\{ a_{kl}^{CEU} = z_{kl}^{CEU} / x_l^{EUC} \right\}, & A^{CM} &= \left\{ a_{mn}^{CM} = z_{mn}^{CM} / x_n^M \right\} \\
 A^{EUC} &= \left\{ a_{ij}^{EUC} = z_{ij}^{EUC} / x_j^C \right\}, & A^{EUEU} &= \left\{ a_{kl}^{EUEU} = z_{kl}^{EUEU} / x_l^C \right\}, & A^{EUM} &= \left\{ a_{mn}^{EUM} = z_{mn}^{EUM} / x_n^C \right\} \\
 A^{CC} &= \left\{ a_{ij}^{MC} = z_{ij}^{MC} / x_j^C \right\}, & A^{MEU} &= \left\{ a_{kl}^{MEU} = z_{kl}^{MEU} / x_l^C \right\}, & A^{MM} &= \left\{ a_{mn}^{MM} = z_{mn}^{MM} / x_n^C \right\}
 \end{aligned} \quad (5)$$

donde, cada conjunto de coeficientes técnicos describe el consumo de insumos que hace una región de los insumos producidos en la región y en las otras. Por otro lado, atendiendo al modelo de oferta, Ghosh (1958) define los coeficientes de entregas como la proporción de envíos por unidad de producto generado, definidos como:

$$\begin{aligned} E^{CC} &= \left\{ \varepsilon_{ij}^{CC} = z_{ij}^{CC} / x_i^C \right\}, & E^{CEU} &= \left\{ \varepsilon_{kl}^{CC} = z_{kl}^{EUC} / x_k^{EU} \right\}, & E^{CM} &= \left\{ \varepsilon_{mn}^{CM} = z_{mn}^{MC} / x_m^M \right\} \\ E^{EUC} &= \left\{ \varepsilon_{ij}^{EUC} = z_{ij}^{CEU} / x_i^C \right\}, & E^{EUEU} &= \left\{ \varepsilon_{kl}^{CC} = z_{kl}^{EUEU} / x_k^C \right\}, & E^{EUM} &= \left\{ \varepsilon_{mn}^{CC} = z_{mn}^{MEU} / x_m^C \right\} \\ E^{MC} &= \left\{ \varepsilon_{ij}^{MC} = z_{ij}^{CM} / x_i^C \right\}, & E^{MEU} &= \left\{ \varepsilon_{kl}^{CC} = z_{kl}^{EUM} / x_k^C \right\}, & E^{MM} &= \left\{ \varepsilon_{mn}^{MM} = z_{mn}^{MM} / x_m^C \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

entonces, la matriz de coeficientes técnicos A y la matriz de coeficientes de entregas E son matrices particionadas en tres regiones o países, como sigue:

$$A = \begin{pmatrix} A^{CC} & A^{CEU} & A^{CM} \\ A^{EUC} & A^{EUEU} & A^{EUM} \\ A^{MC} & A^{MEU} & A^{MM} \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad E = \begin{pmatrix} E^{CC} & E^{CEU} & E^{CM} \\ E^{EUC} & E^{EUEU} & E^{EUM} \\ E^{MC} & E^{MEU} & E^{MM} \end{pmatrix}$$

Así, el producto de cada región, utilizando los coeficientes técnicos y de entregas, serán:

$$\begin{aligned} X^C &= A^{CC}X^C + A^{CEU}X^{EU} + A^{CM}X^M + f^C \\ X^{EU} &= A^{EUC}X^C + A^{EUEU}X^{EU} + A^{EUM}X^{EU} + f^{EU} \\ X^M &= A^{MC}X^C + A^{MEU}X^{EU} + A^{MM}X^M + f^M \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} X'^C &= E^{CC}X^C + E^{CEU}X^{EU} + E^{CM}X^M + VA^C \\ X'^{EU} &= E^{EUC}X^C + E^{EUEU}X^{EU} + E^{EUM}X^{EU} + VA^{EU} \\ X'^M &= E^{MC}X^C + E^{MEU}X^{EU} + E^{MM}X^M + VA^M \end{aligned} \quad (8)$$

observándose que el sistema de ecuaciones (7) es por el lado de la demanda, y el (8) corresponde al de oferta. La solución del sistema determina los efectos de derrama y retroalimentación industrial. Por el lado de la demanda, el producto de una región depende de su demanda final y la demanda final, a su vez, se entrelaza con el producto de otras regiones y con la demanda final de dichas regiones. Esto permite intuir que, en el sistema el producto de una región depende del producto de otras. Si definimos X^{AN} , F^{AN} y $VA^{AN'}$ para América del Norte como:

$$X^{AN} = \begin{bmatrix} X^C \\ X^{EU} \\ X^M \end{bmatrix}, \quad F^{AN} = \begin{bmatrix} f^C \\ f^{EU} \\ f^M \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad VA^{AN} = \begin{bmatrix} VA^C \\ VA^{EU} \\ VA^M \end{bmatrix}$$

entonces, el sistema de manera general se resuelve como:

$$X^{AN} = (I - A)^{-1} F^{AN} \quad (9)$$

$$X'^{AN} = VA^{AN} (I - E)^{-1} \quad (10)$$

Sin embargo, la solución para América del Norte, al ser particionada permite analizar los efectos de derrama y retroalimentación. Una expresión clara de la solución del modelo se encuentra en Oosterhaven y Stelder (2008). Quienes, para una tabla con dos regiones, establecen que el efecto retroalimentación para una región está compuesto por el producto derrama-producto intrarregional-derrama; sin embargo, su caso se hace más complejo si no son dos regiones. En el apéndice, se muestran las soluciones para cada economía en el sistema de América del Norte.

En el sistema de ecuaciones del apéndice, se determina los efectos totales y se muestra los efectos internos, los efectos derrama y retroalimentación. En el caso del modelo de demanda, el efecto retroalimentación hace que el producto de una región no solo dependa de la demanda final de la región sino de la demanda final de las otras regiones. La derrama se define por los efectos de las matrices intranacionales sobre las internacionales. El tamaño de la derrama es menor que el tamaño de efectos intranacionales. En el apéndice se muestra que los efectos totales son los mayores tipos de efectos, y que la diferencia entre el impacto intranacional e internacional se explica por los efectos retroalimentación (Miller y Blair, 2009).

Por su parte, la solución de la oferta muestra que el producto depende del valor agregado, del producto de otras regiones y del valor agregado de las otras regiones. La composición de la retroalimentación se constituye de manera simétrica con respecto al caso de la demanda, no obstante, las entradas de las matrices A y E son diferentes, por lo que su tamaño no es el mismo.

2. Análisis empírico

Antes de medir el concepto de derrame y retroalimentación se describe la construcción de la TIPAN. En primer lugar, la TIPAN se construye con las TIP de cada país publicadas en la edición de febrero 2009 *Input-Output Database* de la OCDE, sin embargo, las TIP para Canadá y Estados Unidos

están referidas al año 2005, mientras que en el caso de México es para 2003, si bien la diferencia de temporalidad entre las matrices acarrea un par de soluciones que tienen que ver con la actualización de la información. La primera de ellas consiste en actualizar las entradas de la matriz de coeficientes técnicos de México (A^{MM}) para 2005. La segunda estriba en considerar los coeficientes constantes y actualizar los componentes de demanda final y valor agregado. Sin embargo, para los fines del documento, la diferencia en la temporalidad es marginal, ya que al cabo de dos años no se experimenta el cambio estructural, por lo que no hay una modificación sustancial en los niveles de comercio que tiene la economía mexicana con sus socios comerciales. El supuesto del modelo es que en el corto plazo no cambia la proporción de insumos por el producto generado, sino que el cambio estructural se origina en el horizonte del tiempo (Leontief, 1986). Este problema genera un margen de error mínimo en los cálculos estadísticos para la construcción de la TIPAN, sin embargo en consideración de la teoría, no hay una modificación significativa en la intensidad de las relaciones interindustriales, y menos cuando los datos del comercio son del mismo año.

Las matrices de Canadá y México están en moneda nacional y a precios básicos; en el caso de Estados Unidos, la matriz está contabilizada a precios del productor. Esta medida genera otro problema en la compatibilidad de uso de la información, cuando se trata de este tipo de precios es necesario convertir las unidades monetarias al mismo sistema de precios, desafortunadamente, esto se encuentra fuera de las posibilidades en la presente investigación, sin embargo, es importante aclarar que para una matriz internacional, sería más conveniente que se tuvieran TIP a precios del comprador, ya que incluyen los gastos de transporte que influyen en el monto de las importaciones y exportaciones. Con el sistema de precios en las TIP de México y Canadá, se inflan las cantidades de insumos de estos países con respecto a Estados Unidos.

Se utilizaron los vectores de importaciones y exportaciones para estimar el comercio por sectores desagregadas por país de origen de acuerdo con la base de datos STAN –*Structural Analysis Database*–, la cual se organiza según la CIIU, Rev. 3.1 (Clasificación Internacional Industrial Uniforme), que es compatible con la clasificación empleada en la construcción de las TIP de cada país. Cabe señalar que esta base de datos solo reporta los flujos comerciales de bienes y no distingue para algunos casos como las “minas y canteras”, entre “energéticos” y “no energéticos”, como sí se hace en las TIP. También se empleó un criterio de agregación de varios sectores para que las TIP fueran compatibles en las tres economías¹.

¹ De hecho, la agregación a que dio lugar la disponibilidad de información fue a una agregación de 32 sectores por país, por lo que la TIPAN es desagregada a 96 sectores.

Debido a que no se reportan cifras sobre servicios, se calculó el monto de las exportaciones e importaciones utilizando el promedio de la cuota de mercado que se hace al sector de bienes. Si bien podría parecer una decisión arbitraria para obtener los elementos restantes, ha sido la solución empleada en algunos trabajos que carecen de la misma información (Van Der Linden y Oosterhaven, 1996).

El siguiente paso en la construcción de la TIPAN fue expresar los valores de las distintas matrices y vectores en dólares estadounidenses (USD), como moneda común, tal como se consigna en la información de la OCDE sobre el comercio de bienes entre países. La conversión se hizo con los tipos de cambio promedio anual de los pesos mexicanos y los dólares canadienses².

Una vez que han sido calculados los montos de las exportaciones y de importaciones del país A al N , se construyen los coeficientes de comercio, definidos desde los envíos, como (Miller y Blair, 2009)³:

$$b_i^{AN} = z_i^{AN} / T_i^N \quad (11)$$

donde “ z_i^{AN} son los flujos de envíos de la región A a N del sector i ”, además incluye una proporción de envíos a la demanda final, y “ T_i^N es la suma de dichos envíos del producto del sector i de la región N ”. Una vez calculado el vector de coeficientes de comercio, este se transforma en una matriz diagonal de coeficientes de comercio, definida como $\hat{B}_i^{AN}$, con la cual se forma el sistema interregional como:

$$X = (I - B\bar{A})^{-1}BF \quad (12)$$

donde,

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} A^A & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A^{A+1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & A^N \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad B = \begin{pmatrix} \hat{B}^{AA} & \hat{B}^{A(A+1)} & \dots & \hat{B}^{AN} \\ \hat{B}^{(A+1)A} & \hat{B}^{(A+1)(A+1)} & \dots & \hat{B}^{(A+1)N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{B}^{NA} & \hat{B}^{N(A+1)} & \dots & \hat{B}^{NN} \end{pmatrix}$$

² Los tipos de cambio promedio fueron:

- MXP/USD promedio 2003: 10.7890, de acuerdo con el tipo de cambio pesos por dólar E.U.A. para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera (Banco de México, 2010).
- CAD/USD promedio 2005: 0.8253, promedio de 250 días (Banco de Canadá, 2005).

³ En el texto citado, el coeficiente de comercio se define por la letra C , sin embargo dicha letra la hemos ocupado para referir a Canadá.

De este modo, “ $\bar{A}$ es una matriz diagonal de las matrices de coeficientes técnicos nacionales”, “ B es una matriz de submatrices diagonales del coeficiente de comercio” y “ F es el vector de demanda final”. Así, los coeficientes técnicos interregionales o internaciones se definen de acuerdo con $B\bar{A}B$.

Una extensión de este modelo, sería utilizar los coeficientes de comercio pero con los recibos de sector a sector para poder generar la matriz de los coeficientes de entregas; tales coeficientes se definirían, como sigue:

$$r_j^{AN} = z_j^{AN} / J_j^N \quad (13)$$

donde “ z_j^{AN} son los flujos de recibos de la región A a N del sector j ”, que incluye la proporción de recibos del valor agregado, “ J_j^N es la suma de dichos recibos del producto del sector i de la región N ”. Una vez calculado el vector de coeficientes de comercio se transforma en una matriz diagonal, definida desde los recibos de cada sector por región por $\hat{R}_j^{AN}$, que permite construir las matrices de coeficientes de entregas regionales E , de tal manera que el sistema se resolvería como:

$$X' = VA'R(I - R\bar{E})^{-1} \quad (14)$$

donde,

$$\bar{E} = \begin{pmatrix} E^A & 0 & \dots & 0 \\ 0 & E^{A+1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & E^N \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad R = \begin{pmatrix} \hat{R}^{AA} & \hat{R}^{A(A+1)} & \dots & \hat{R}^{AN} \\ \hat{R}^{(A+1)A} & \hat{R}^{(A+1)(A+1)} & \dots & \hat{R}^{(A+1)N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{R}^{NA} & \hat{R}^{N(A+1)} & \dots & \hat{R}^{NN} \end{pmatrix}$$

Así, las matrices de coeficientes de entregas por región ($\bar{E}$) y los coeficientes de comercio calculados por los recibos de sector – región (R) generan las tablas internacionales calculadas por el lado de la oferta. En la ecuación (14), la generación de las matrices de coeficientes de entregas internacionales serán calculadas por ($R\bar{E}R$).

La tabla 2 y la 3 muestran los datos agregados a un sector de la Matriz de coeficientes internacionales por oferta y demanda del bloque comercial de América del Norte. Los resultados de la tabla 2 muestran los coeficientes de comercio definidos por los envíos, es decir, las ventas de insumos o productos al interior y al exterior, las exportaciones. Los datos señalan que a

Estados Unidos se exporta más que las exportaciones hechas entre Canadá y México. Sin embargo, Estados Unidos exporta más a Canadá que a México.

De acuerdo con la ecuación (12), los coeficientes técnicos al incorporar el comercio internacional cambian de tamaño, ya que el producto se distribuye tanto al interior como al exterior de la economía. La última parte de la tabla 1 muestra la generación de los coeficientes técnicos internacionales entre los socios del TLCAN. Estos resultados identifican que el tamaño de coeficiente nacional es mayor en el caso de Estados Unidos, y que no cambia mucho respecto del coeficiente observado en tablas. Esto se explica por el tamaño de las exportaciones de Estados Unidos con sus socios.

Tabla 2
Generación de matriz de coeficientes técnicos interregionales para América del Norte

Coeficientes de comercio por envíos			
Canadá	0.7681	0.0149	0.0026
Estados Unidos	0.1643	0.9850	0.1663
México	0.0677	0.0001	0.8311
Matriz diagonal de coeficientes técnicos nacionales			
Canadá	0.5400	0	0
Estados Unidos	0	0.4120	0
México	0	0	0.3064
Matriz de coeficientes de técnicos internacionales			
Canadá	0.3196	0.0122	0.0028
Estados Unidos	0.1382	0.401	0.1101
México	0.0453	0.0006	0.2117

Fuente: elaboración propia.

La tabla 3 muestra los datos y resultados de la generación de los coeficientes de entregas internacionales agregados a un sector; en esta tabla está la matriz de coeficientes de comercio definidos por los recibos de un sector a otras regiones, en otras palabras, las proporciones de compras de insumos al interior del país y las importaciones al exterior. Así como las exportaciones, las importaciones de Canadá y México se concentran en Estados Unidos y este país importa más de Canadá que de México. Estos datos revelan que los procesos de integración que han tenido Estados Unidos y Canadá han sido más intensos que los que han tenido esos países con México.

En los coeficientes de entregas nacionales, Estados Unidos tiene un tamaño parecido al coeficiente técnico. Esto implica que la contribución del valor agregado y de la demanda final sean casi iguales, por lo que los impulsos al

crecimiento por oferta o demanda pueden ser casi los mismos. Por su parte, Canadá y México presentan tamaños muy diferentes entre los coeficientes técnicos y de entregas. Sin embargo, la característica común de las tres economías es que el tamaño del coeficiente de entregas implica que el producto, por el lado de la oferta, depende en más del 50% del valor agregado en cada país.

Tabla 3
Generación de matriz de coeficientes de entregas interregionales para América del Norte

Coeficientes de comercio por recibos			
Canadá	0.8959	0.0054	0.0061
Estados Unidos	0.1026	0.9911	0.0927
México	0.0015	0.0036	0.9012
Matriz diagonal de coeficientes de entregas nacionales			
Canadá	0.4815	0	0
Estados Unidos	0	0.4120	0
México	0	0	0.4235
Matriz de coeficientes de entregas internacionales			
Canadá	0.3866	0.0045	0.0052
Estados Unidos	0.0862	0.4051	0.0735
México	0.0014	0.0028	0.3441

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos de las matrices, se construyeron las gráficas 1 y 2 que representan las exportaciones totales y las exportaciones de América del Norte al resto del mundo. Las exportaciones totales son aquellas que representan el comercio al interior del bloque y fuera de él. El monto total de las exportaciones de acuerdo con la TIPAN es de 1,678,448.7 millones de dólares estadounidenses; en la gráfica 1 se muestra que Estados Unidos participa en mayor medida en las exportaciones de América del Norte.

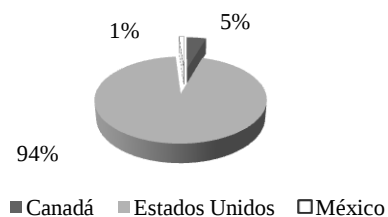
Gráfica 1
Composición de las exportaciones totales de América del Norte



Fuente: elaboración con datos de la OCDE, STAN.

La gráfica 2 muestra las exportaciones del bloque comercial al resto del mundo, cuyo monto es de 767,455.2 millones de dólares. Los datos muestran que las exportaciones de América del Norte están representadas por la economía de Estados Unidos. Además, los datos reportan que Estados Unidos tiene un comportamiento contrario a sus socios comerciales. Por ejemplo, en la economía mexicana, las exportaciones interregionales tienen mayor peso en el bloque que las exportaciones fuera del mismo; mientras que Canadá tiene el mismo patrón que México, pero en menor medida.

Gráfica 2
Composición de las exportaciones de América del Norte al resto del mundo



Fuente: elaboración con datos de la OCDE, STAN.

Las importaciones totales y las del resto del mundo del bloque comercial se describen en las gráficas 3 y 4. La gráfica 3 muestra la composición de las importaciones totales, es decir las importaciones que se dan entre los socios del bloque comercial como aquellas que provienen del resto del mundo; el monto calculado de las importaciones es de 1,377,702.7 millones de dólares. En la gráfica 3 se muestra que el mayor participante en las importaciones totales es Estados Unidos. Es preciso decir que de la información disponible en las TIP nacionales, las economías expresan superávit comercial. Sin embargo, de acuerdo con las gráficas 1 y 3, el superávit solo se mantiene en la economía de Estados Unidos.

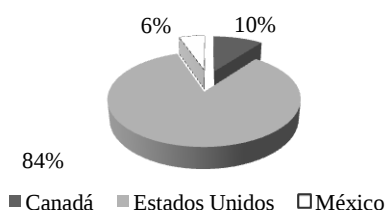
Gráfica 3
Importaciones totales en América del Norte



Fuente: elaboración con datos de la OCDE, STAN.

La gráfica 4 representa la composición de las importaciones de los socios del bloque comercial. Las importaciones totales registradas para el resto del mundo son de 1,418,182.2 millones de dólares. Al parecer, no hay superávit comercial de Estados Unidos con el resto del mundo. Este gráfico concluye que América del Norte mantiene un déficit comercial con el resto del mundo.

Gráfica 4
Importaciones de América del Norte provenientes del resto del mundo



Fuente: elaboración con datos de la OCDE, STAN.

La tabla 4 presenta los resultados de los efectos totales por el lado de la oferta y demanda agregados a un sector. Los datos muestran que los efectos de arrastre y de empuje para el caso de Canadá son los mayores efectos en América del Norte, sin embargo, sus impactos quedan mermados por el tamaño del comercio que tiene en América del Norte y por la participación del producto total que solo es de 7.7%. Los resultados obtenidos en Canadá señalan que la demanda intermedia es más significativa para su producto que la que tienen sus socios comerciales respecto de sus productos; además, por el lado de la oferta, es posible que el tamaño del consumo intermedio sea determinante en estos resultados, ya que el consumo intermedio en esta economía es más significativo que en lo que respecta a sus socios comerciales.

Tabla 4.
Efectos totales de acuerdo a la matriz de coeficientes internacionales

País	Demanda	Oferta
Canadá	1.96	1.89
Estados Unidos	1.71	1.70
México	1.50	1.73

Fuente: elaboración propia.

Por el lado de la oferta, México tiene un efecto total mayor que Estados Unidos, esto se debe a la composición del valor bruto, en el cual se muestra que el mayor peso se concentra en el valor agregado más que en el consumo intermedio. Sin embargo, al igual que en el caso de Canadá, el producto de

México no es significativo dentro del bloque comercial ya que solo participa con 4.5%. Estados Unidos permanece casi sin variación entre los efectos calculados por la demanda y la oferta, esto se debe a que el tamaño del coeficiente técnico y de entregas nacional son casi iguales.

La economía de Estados Unidos es la representativa de América del Norte, ya que de los 26,290,167.5 millones de dólares calculados con las tablas, el 87.8 % se genera en la economía de Estados Unidos; además, los impulsos generados por oferta y demanda son más estables en esta economía. Los resultados muestran que la estructura económica de Canadá tiene mayores impulsos de crecimiento por la demanda, y que México responde mejor a los estímulos por la oferta.

La desagregación sectorial que se manejó en la construcción de la TIPAN, fue de 32 sectores por región, debido a las características de la información contenida en las tablas y a la información de las importaciones y exportaciones disponibles; así mismo, se agregaron los sectores con entradas nulas en algunos casos para México y Canadá. En la sección de los anexos, la tabla A.1 muestra los criterios de agregación a matrices de 32 sectores para América del Norte.

Dicha sección (anexos) también ofrece los resultados del modelo de Chenery (1953) y Moses (1955), así como la extensión para el cálculo de los coeficientes de entregas internacionales para los 32 sectores por país. La tabla A.2 presenta los datos de la descomposición de los efectos total, intranacional, de derrame y retroalimentación de Canadá. En términos generales, por el lado de la demanda, el derrame de las importaciones de Canadá son mayores sobre la economía de Estados Unidos que la de México, destacan los sectores de Transporte acuático, Renta de maquinaria y equipo, Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p; se trata de importaciones de bienes con alto contenido tecnológico. La derrama de las importaciones de Canadá sobre México son menores que el efecto retroalimentación que obtiene Canadá del comercio trilateral. Los cálculos del modelo de oferta muestran el mismo patrón que los resultados de la demanda; sin embargo, comparando la derrama y retroalimentación en los modelos de oferta y demanda, se concluye que las importaciones de demanda final son más significativas en la economía de Canadá.

La tabla A.3, en los modelos de demanda y oferta, muestra los resultados para Estados Unidos. El derrame de las importaciones de Estados Unidos, sobre sus socios comerciales es muy bajo, sin embargo, el efecto retroalimentación que obtiene de las importaciones es mayor que la derrama

de las mismas. Por el lado de la oferta, la situación cambia, ya que la derrama por efecto de las exportaciones es mayor sobre la economía mexicana que sobre la de Canadá, esto se debe a que la economía de México, según se analizó, tiene capacidad de respuesta debido a los impulsos de la oferta. Por otro lado, la retroalimentación promedio de Estados Unidos es mayor en el caso de las exportaciones que el de las importaciones dentro del bloque comercial. Vale la pena señalar que los mayores efectos totales, por el lado de las exportaciones, se distribuyen entre el sector primario: en las ramas de Agricultura, caza, silvicultura y pesca; en Alimentos, bebidas y tabaco; en la Fabricación de caucho y otros plásticos; en el sector secundario en las ramas de Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p., el Transporte acuático y Transporte aéreo; mientras que en el sector servicios, se encuentran las ramas de Correo y telecomunicaciones y la Renta de maquinaria y equipo. En dichos sectores utilizan alta tecnología en los procesos productivos⁴ y, de acuerdo con la TIPAN, son sectores de alto contenido en valor agregado.

Finalmente, en el caso de México, la derrama calculada por la demanda muestra que hay mayor efecto sobre la economía de Estados Unidos y destaca el sector Prendas de vestir, productos textiles, cuero y calzado. México tiene mayor efecto retroalimentación que Estados Unidos y menor que Canadá en el bloque comercial, esto quiere decir que, el comercio con los miembros del TLCAN ha favorecido a la economía mexicana, sin embargo, la posición y el papel que tiene México en el bloque no es la mejor. El sector con mayor efecto total por el lado de la demanda es el de la manufactura, además, tienen un papel relevante también las ramas de la Construcción y los Hoteles y restaurantes. Por su parte, la economía mexicana tiene mayor derrama desde el modelo de oferta, que desde el de demanda; no obstante, el efecto retroalimentación es muy parecido en ambos modelos. Es importante señalar que en cuanto al modelo de oferta, los sectores que más destacan en el efecto total, son: Alimentos, bebidas y tabaco, Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho y el Transporte acuático. Sin embargo, el sector Transporte acuático destaca en las derramas que hace a la economía de Estados Unidos.

⁴ De acuerdo con la Clasificación Internacional Única de la OCDE, rev 14, solo el sector de Alimentos Bebidas y Tabaco utiliza tecnología Media Baja. En el caso de la agricultura, no se encuentra clasificada en los criterios de la OCDE sobre el nivel tecnológico, sin embargo, se ha documentado que el sector agricultura en Estados Unidos es un sector altamente tecnificado.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de esta metodología muestran que la economía de Estados Unidos es la líder en el bloque comercial de América del Norte, ya que su estructura es mucho más sólida que la del resto de sus socios, debido a que los encadenamientos por la oferta y demanda son más homogéneos, en su medida, contrario a lo que sucede con sus socios comerciales.

La descomposición del efecto total al interior de la estructura, tanto por oferta como por demanda, ha permitido analizar el perfil de especialización que hay en las estructuras de los países y su papel dentro del bloque comercial de América del Norte. Los Estados Unidos tienen poca retroalimentación por parte de sus socios comerciales, sin embargo, las derramas que generan sobre México y Canadá son significativas para estos dos países.

En Estados Unidos, el efecto que se da por el lado de las exportaciones involucra a sectores que son primarios, secundarios y terciarios, cuya característica es que son sectores que emplean alta tecnología. Esto refleja una estructura más diversificada y mayor integrada que, a diferencia de sus socios comerciales, presentan estructuras menos diversificadas como es el caso de México que involucra a sectores de tecnología media-baja y media alta, mientras que en el caso de Canadá destacan sectores de tecnología media-alta y alta. Se ha diagnosticado que la estructura productiva contiene impulsos al crecimiento que solo son por oferta para México y demanda para el caso de Canadá.

Las importaciones de México y Canadá provienen de Estados Unidos, pero Canadá participa en mayor medida en los insumos importados en Estados Unidos que México. La economía de Canadá y México tienen un patrón de dependencia hacia la economía de Estados Unidos, que se refleja en el tamaño de las importaciones y exportaciones que mantienen con Estados Unidos, lo que las hace más vulnerables a los cambios en la economía de Estados Unidos, como se mostró con la crisis económica de 2008.

Así los impactos que genera Estados Unidos sobre los miembros del TLCAN son menores que los que provocan sus socios a este país. México y Canadá han tenido beneficios al pertenecer al TLCAN, ya que los cálculos sugieren que ambos países reciben más derramas de las que provocan, ya sea por el lado de las importaciones o por el de las exportaciones, según los modelos empleados de oferta y de demanda.

Una medida de política económica para Canadá, es, por un lado, fomentar estímulos sobre aquellos sectores en los que las importaciones tienen un impacto favorable en el sistema económico; por otro, propiciar un proceso de integración con aquellos sectores cuyas exportaciones generan una influencia positiva sobre el crecimiento. Una medida sería el fomento de las pequeñas y medias empresas con perfil exportador, que se vinculan a sectores con alto encadenamientos en importaciones.

En definitiva, para el caso de la economía mexicana, el modelo de crecimiento ha favorecido a las exportaciones y los encadenamientos que estimulan estas han sido significativos para el crecimiento del producto. Sin embargo, es menester que el papel de las importaciones cobre importancia para que se generen encadenamientos hacia atrás, es preciso que se estimule la base productiva de aquellos sectores que tienen mayor impacto debido a las importaciones.

Referencias

- Aroche, F. (1993) "Economic Structures in Brazil, Mexico and South Korea: An Input-Output Application." Ph.D. Thesis Queen Mary and Westfield College, University of London.
- Brand, S. (1997). "On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: a Comment." *Regional Studies*, 31(8).791-794.
- Banco de México (2010). Recuperado de <http://www.banxico.org.mx>
- Banco de Canadá (2005). Recuperado de <http://bankofcanada.ca>
- Cardero Ma. E. (1996) "Qué ganamos y qué perdimos con el TLC". México: Siglo XXI: UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, 338.
- Chenery, Hollis B. (1953). "Regional Analysis," en Chenery Hollis B, Paul G. Clark y Vera Cao Pinna (eds), *The Structure and Growth of the Italy Economy*, Roma: Mutual Security Agency, 97-129.
- Cole, Sam (1996). "Across the State and across the Border: Spill-over, Feedback and Agglomeration in Many Regions Economics." *The Great Lakes Geographer* 3(2), 29 – 50.
- Curzio, L. (2009). "La competitividad en América del Norte y el modelo de integración". Cuadernos de América del Norte, UNAM, CISAN, 13, 30.
- Flegg, T. A. & Webber, C. D. (2000). "Regional size, regional specialization and the FLQ formula." *Regional Studies*, 34(6), 563-569.
- Frenkel, J., Stein, E. y S. Wei (1995). "Trading blocs and the Americas: The natural, the unnatural and the supernatural." *Journal of Development Economics*, 47, 61-96.

- Gazol Sánchez, A. (2004). "Un debate necesario: el futuro del TLCAN". Configuraciones, 15, 82-88.
- Ghosh, A. (1958). "Input-output Approach in an Allocation System." *Economica*, 25, 58-64.
- Hewings, Geoffrey J. (1969). "Regional Interindustry Models Derived from National Data: The Structure of the West Midlands Economy." Ph. D Thesis Universidad de Whashington, Seattle.
- Hirschman, A. (1958). "The Strategy of Economic Development." Yale University Press., New Haven, CT, 217.
- Ishikawa, Y. y T. Miyagi (2004). "The Construction of a 47-Region Inter-regional Input-Output Table and Inter-regional Interdependence Analysis at Prefecture Level in Japan." Documento presentado en The 44th European Congress of the European Regional Science Association, Porto, Portugal, 21.
- Isard, W. (1951). "Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy." *The Review of Economics and Statistics*, 33(4), 318-328.
- (1960). "Methods of Regional Analysis: An introduction of Regional Science." Cambridge, Massachusetts, The M.I.T. Press, 784.
- Kim, K., Secretario, F. y H. Kaneko (2010). "Measurement of Inter-Regional Differentials and Dependencies in the Philippine Economy Base on a Multi-Regions Inter-Regional Input – Output Table". Documento presentado en 11th National Convention on Statistic (NCS).
- Krueger, A. (1990). "Comparative Advantage and development Policy Twenty Years Later" en *Perspectives on Trade and Development*, Londres, Harvester Wheatsheaf, 49-70.
- Lahr, M. (1993). "A Review of Literature Supporting the Hybrid Approach to constructing Regional Input – Output models." *Economic System Research* 5(3), 277 – 293.
- Lazarus, W., Platas, D. and G. Morse (2002). "IMPLAN's Weakest Link: Production Function of Regional Purchase Coefficients?" *Regional Analysis and Policy*, 32(1), 34-48.
- Leontief, W., (1986). *Input-Output Economics*. Oxford University Press Segunda Edición, 436.
- Leontief, W., Chenery Hollis, B., Clark, P. G., Duesenberry, J., Ferguson, A. R., Grosse, A. P., Grosse, R. H., Holzman, M., Isard, W. and H. Kistin (1953). *Studies in the Structure of American Economy*. White Plains, NY: International Arts and Science Press, 561.

24 *Ensayos Revista de Economía*

- Lindall, S., Olso, D. and G. Alward (2006). "Driven Multi-Regional Models. Using the IMPLAN, National Trade Flows Model", *Journal of Regional Analysis and Policy*, 36, 76-83.
- Meng, B. and QU, C. (2007). "Aplication of Input-Output Decomposition Technique to China's Regional Economies." Discussion Paper No. 102, Institute of Developing Economies, 30.
- Miller, R. (1998). "Regional and Interregional Input Output Analysis" en Isard W., Azis J., Drennan, M., Miller, R., Saltzman, S. and Thordecke, "Methods of Interregional and Regional Analysis," Ashgate Publishing Limited, Grower House, Croft Road, Aldershot, Hants GU11 3HR, England, 41-134.
- Miller, R. and P. H. Blair (2009). "Input-Output Analysis. Foundations and Extentions." 2º ed., Cambridge University Press, 750.
- Miyazawa, K. (1971). "An analysis of the interdependence between service and goods-producing sectors," *Hitotsubashi Journal of Economics*, 12, 10-21.
- Mollick, A. V. and R. Cabral (2009). "Productivity Effects on Mexican Manufacturing Employment." *North American Journal of Economics and Finance* 20(1): 66-81.
- Moses, L. N. (1955). "The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis." *American Economic Review* 45(5), 803-26.
- Novelo, F. (2006). "La encrucijada del ALCA". *Economía, UNAM*, 13(7), 26-46.
- Oosterhaven, J. and E. Stelder (2008). "Syllabus. Regional and Interregional IO Analysis." Disponible en: <http://www.iioa.org/pdf/Teaching%20IO/Regional%20IO%20Analysis.pdf>.
- Piispala, J. (2000). "On Regionalising Input/Output Tables-Experiences from Compiling Regional Supply and Use Tables in Finland." Paper presented at the 13th International Conference on Input-Output Techniques, University of Macerata, Italy, 21.
- Pulido, A. (1996). "Input-output regional: posibilidades y limitaciones", XXII Reunión de Estudios Regionales, Pamplona. Disponible en <http://www.antonipulido.es/documentos/con9606.pdf>.
- Raa, T. (2005). "The Economics of Input – Output Analysis." Cambridge University Press, 197.
- Ramirez, M. D. (2006). "Is Foreign Direct Investment Beneficial for Mexico? An Empirical Analysis, 1960-2001", *World Development* 34(5), 802-817.
- Rueda, J. Beutel, J., Neuwahl, F., Löschel, A. and I. Mongelli (2009). "A Symetric Input – Output Table for EU27: Lastest Progress." *Economic System Research*, 21(1), 59-79.
- Rubio, L. (1994). ¿Cómo va a afectar a México el Tratado de Libre Comercio? México: FCE, 335.

- Ruiz Nápoles, P. (2006). "Efectos Macroeconomicos de la Apertura y el TLCAN" en Gambrill Mónica (compiladora). "Diez años del TLCAN en México". México: UNAM, Centro de Investigaciones Sobre América del Norte, 19-34.
- Samuelson, P. (1983). "Foundations of Economic Analysis," Enlarged Edition, Harvard Economic Studies, Paperback, 447.
- Schaffer, W. A. and K. Chu (1969). "Nonsurvey techniques for constructing regional interindustry models." Papers of the Regional Science Association, 23, 83-101.
- Sim, B., Secretario, F. and E. Suan (2007). "Developing and Interregional Input-Output Tables for Cross-Border Economies: An Application of a Laos People's Democratic Republic and Thailand." Asia Development Bank, 63.
- Stevens, B. H., Treyz, G. I. and M. L. Lahr (1989). "On the comparative accuracy of RPC estimating techniques." En Miller, Polenske y Rose, editores, "Frontiers of input-output analysis", Oxford University Press, 245-257.
- Tironi, E. (1977). "Estrategias de Desarrollo e integración". Santiago, Chile: Ed. Corporación de Investigaciones Económicas para Latinoamérica, 49.
- Tussie, D. and M. Lengyel (2002). "Developing Countries: Turning Participation into influence." Development Trade and the WTO. Handbook, Banco Mundial, 190.
- Van Der Linden, J. and J. Oosternhaven (1996). "European Community Intercountry Input-Output Relations: Construction Method and Main Results for 1965-85." Economic Systems Research, 7(3) 249-269.

Anexos

Tabla A.1
Sectores y dimensión final en las matrices de insumo producto homologadas con sus respectivas agregaciones de las tablas originales
Criterios de Agregación

Sector para la Matriz de América del Norte	Nombre del sector	Agregaciones de acuerdo a las matrices originales de Insumo Producto de la OCDE	Sectores del código CIU incluidos
1	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	1	01+02+05
2	Minas y canteras	2+3	10+11+12+13+14
3	Alimentos, bebidas y tabaco	4	15+16
4	Prendas de vestir, productos textiles, cuero y calzado	5	17+18+19
5	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	6	20
6	Pasta, papel, productos de papel, actividades de imprenta y editoriales	7	21+22
7	Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	8	23
8	Químicos excluyendo farmacéuticos / Farmacéuticos	9+10	24
9	Fabricación de caucho y otros plásticos	11	25
10	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	12	26
11	Hierro y acero / Metales no ferrosos	13+14	271+2731+272+2732
12	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	15	28
13	Fabricación de maquinaria y equipo, n.c.p. / Maquinaria eléctrica y aparatos eléctricos, n.c.p.	16+18	29+31
14	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática / Equipo de radio, televisión y comunicación / Instrumentos médicos, de precisión y ópticos / Manufactura n.c.p; reciclamiento (incluye muebles)	17+19+20+25	30+32+33+36+37
15	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p.	21+22+23+24	34+351+353+352+359
16	Generación, captación y distribución de energía eléctrica / Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías / Suministro de vapor y agua caliente / Captación, depuración y distribución de agua	26+27+28+29	401+402+403+41
17	Construcción	30	45
18	Comercio al por mayor y al por menor; reparaciones	31	50+51+52
19	Hoteles y restaurantes	32	55
20	Transporte terrestre y por tuberías	33	60
21	Transporte acuático	34	61
22	Transporte aéreo	35	62
23	Actividades de transporte complementarias y auxiliares; actividades de agencias de viajes	36	63
24	Correo y telecomunicaciones	37	64
25	Intermediación financiera y seguros / Actividades inmobiliarias	38+39	65+66+67+70
26	Renta de maquinaria y equipo	40	71
27	Informática y actividades conexas	41	72
28	Investigación y desarrollo / Otras actividades empresariales	42+43	73+74
29	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	44	75
30	Educación	45	80
31	Servicios sociales y de salud	46	85
32	Otros servicios comunitarios, sociales y personales / Hogares privados con personas empleadas; organizaciones y órganos extraterritoriales	47+48	90+91+92+93+95+99

Tabla A.2
Efectos de Derrama y Retroalimentación de Canadá en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrame EU	M	Retroali.	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrame EU
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	1.94	1.575	0.128	0.056	0.366	1.708	0.875	0.011
Minas y canteras	1.554	1.271	0.127	0.045	0.283	1.24	0.785	0.011
Alimentos, bebidas y tabaco	2.305	1.734	0.232	0.071	0.572	2.197	1.834	0.004
Prendas de vestir, productos textiles, cuero y calzado	1.724	1.124	0.239	0.185	0.599	0.453	0.396	0.004
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	2.035	1.587	0.187	0.047	0.448	1.521	1.113	0.016
Pasta, papel, productos de papel, actividades de imprenta y editoriales	1.846	1.402	0.239	0.027	0.444	1.549	1.098	0.007
Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	1.862	1.716	0.105	0.115	0.146	2.522	1.79	0.012
Químicos excluyendo farmacéuticos / Farmacéuticos	1.979	1.345	0.358	0.048	0.634	1.396	1.106	0.008
Fabricación de caucho y otros plásticos	1.959	1.276	0.365	0.068	0.684	0.842	0.606	0.021
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	1.797	1.317	0.231	0.081	0.48	0.881	0.321	0.01
Hierro y acero / Metales no ferrosos	1.964	1.36	0.302	0.07	0.604	1.201	0.981	0.029
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1.836	1.27	0.293	0.062	0.566	1.044	0.695	0.014
Fabricación de maquinaria y equipo, n.c.p. / Maquinaria eléctrica y aparatos eléctricos, n.c.p.	1.783	1.148	0.355	0.078	0.634	0.776	0.695	0.005
Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática / Equipo de radio, televisión y comunicación / Instrumentos médicos, de precisión y ópticos / Manufactura n.c.p.: reciclamiento (incluye muebles)	1.579	1.106	0.241	0.103	0.473	0.706	0.657	0.003
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p.	1.904	1.132	0.401	0.106	0.772	1.182	1.154	0.014

Fuente: elaboración propia

Continuación...Tabla A.2
Efectos de Derrama y Retroalimentación de Canadá en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama EU	M	Retroali. Totales	Efectos Intranacionales	Derrama EU	M
Generación, captación y distribución de energía eléctrica / Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías / Suministro de vapor y agua caliente / Captación, depuración y distribución de agua	1.495	1.147	0.235	0.016	0.347	0.889	0.003	0.003
Construcción	1.75	1.435	0.112	0.039	0.315	3.457	0.001	0.001
Comercio al por mayor y al por menor; reparaciones	1.512	1.288	0.106	0.027	0.224	2.422	0.003	0.003
Hoteles y restaurantes	1.823	1.541	0.096	0.021	0.282	1.562	0.001	0.002
Transporte terrestre y por tuberías	1.69	1.356	0.168	0.04	0.335	1.414	0.005	0.003
Transporte acuático	2.022	1.215	0.602	0.019	0.807	0.549	0.002	0.005
Transporte aéreo	1.85	1.387	0.298	0.036	0.463	1.029	0.004	0.004
Actividades de transporte complementarias y auxiliares; actividades de agencias de viajes	1.283	1.194	0.031	0.012	0.089	1.104	0.018	0.007
Correo y telecomunicaciones	1.904	1.359	0.298	0.04	0.545	1.164	0.002	0.003
Intermediación financiera y seguros / Actividades inmobiliarias	1.556	1.389	0.076	0.007	0.167	2.643	0.002	0.002
Renta de maquinaria y equipo	1.888	1.319	0.409	0.007	0.57	0.702	0.003	0.005
Informática y actividades conexas	1.573	1.336	0.109	0.018	0.238	1.287	0.006	0.035
Investigación y desarrollo / Otras actividades empresariales	1.627	1.35	0.154	0.009	0.278	1.363	0.007	0.007
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	1.605	1.39	0.081	0.018	0.215	2.813	0	0
Educación	1.661	1.474	0.066	0.01	0.188	1.28	0.001	0
Servicios sociales y de salud	1.601	1.387	0.087	0.015	0.214	1.43	0.001	0.002
Otros servicios comunitarios, sociales y personales / Hogares privados con personas empleadas; organizaciones y órganos extraterritoriales	1.668	1.423	0.106	0.016	0.245	1.763	0.003	0.003
Promedio	1.768	1.355	0.207	0.047	0.413	2.876	0.007	0.006

Fuente: elaboración propia

Tabla A.3
Efectos de Derrama y Retroalimentación de Estados Unidos en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama		Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama	
			C	M	Retroali.		C	M
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	1.98	1.93	0.05	0	0.05	3.61	1.34	0.11
Minas y canteras	1.61	1.51	0.18	0	0.1	1.78	1.45	0.24
Alimentos, bebidas y tabaco	2.34	2.27	0.02	0	0.07	1.87	1.38	0.06
Prendas de vestir, productos textiles, cuero y calzado	1.92	1.84	0.02	0.01	0.08	3.32	2.75	0.06
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	2.05	1.87	0.08	0.01	0.19	2.97	1.41	0.12
Pasta, papel, productos de papel, actividades de imprenta y editoriales	1.86	1.8	0.04	0	0.05	3.84	1.08	0.12
Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	1.88	1.76	0.06	0	0.13	2.78	1.01	0.29
Químicos excluyendo farmacéuticos / Farmacéuticos	1.99	1.92	0.07	0	0.07	2.9	1.92	0.16
Fabricación de caucho y otros plásticos	2.02	1.93	0.03	0	0.09	2.91	1.19	0.14
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	1.84	1.77	0.01	0	0.06	3.8	1.35	0.14
Hierro y acero / Metales no ferrosos	1.98	1.84	0.11	0.01	0.14	3.27	1.59	0.21
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1.86	1.78	0.04	0	0.08	2.2	1.28	0.2
Fabricación de maquinaria y equipo, n.c.p. / Maquinaria eléctrica y aparatos eléctricos, n.c.p.	1.89	1.8	0.02	0	0.09	1.98	1.45	0.09
Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática / Equipo de radio, televisión y comunicación / Instrumentos médicos, de precisión y ópticos / Manufactura n.c.p.: reciclamiento (incluye muebles)	1.84	1.78	0.02	0	0.06	2	1.57	0.07
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p.	2.05	1.88	0.06	0.02	0.17	3.04	2.65	0.07

Fuente: elaboración propia

Continuación...Tabla A.3
Efectos de Derrama y Retroalimentación de Estados Unidos en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama C	Derrama M	Retroali.	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama C M Retroali.
Generación, captación y distribución de energía eléctrica / Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías / Suministro de vapor y agua caliente / Captación, depuración y distribución de agua	1.5	1.44	0.01	0	0.06	1.37	0.91	0.18 0.19 0.46
Construcción	1.76	1.72	0	0	0.04	1.76	1.58	0.02 0.02 0.18
Comercio al por mayor y al por menor; reparaciones	1.53	1.51	0.08	0	0.02	1.57	1.08	0.05 0.05 0.49
Hoteles y restaurantes	1.83	1.8	0.01	0	0.03	2.86	2.52	0.03 0.03 0.35
Transporte terrestre y por tuberías	1.71	1.66	0.09	0	0.06	2.18	1.26	0.12 0.09 0.91
Transporte acuático	2.03	1.95	0	0	0.08	2.52	2.17	0.08 0.15 0.35
Transporte aéreo	1.86	1.79	0	0	0.07	3.13	2.57	0.15 0.12 0.56
Actividades de transporte complementarias y auxiliares; actividades de agencias de viajes	1.28	1.26	0.01	0	0.02	3.23	1.63	0.11 0.09 1.6
Correo y telecomunicaciones	1.94	1.92	0.01	0	0.02	2.01	1.24	0.24 0.1 0.77
Intermediación financiera y seguros / Actividades inmobiliarias	1.56	1.55	0.05	0	0.01	2.91	2.19	0.04 0.05 0.72
Renta de maquinaria y equipo	1.89	1.87	0.01	0	0.03	3.59	1.1	0.13 0.15 2.48
Informática y actividades conexas	1.58	1.56	0.01	0	0.02	3.02	2.1	0.06 0.54 0.92
Investigación y desarrollo / Otras actividades empresariales	1.63	1.62	0.08	0	0.02	1.47	1.44	0.11 0.11 0.02
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	1.61	1.59	0.01	0	0.03	1.35	1.22	0.01 0.01 0.13
Educación	1.67	1.65	0	0	0.02	1.18	0.93	0.02 0.03 0.25
Servicios sociales y de salud	1.61	1.59	0	0	0.02	2.57	2.54	0.02 0 0.02
Otros servicios comunitarios, sociales y personales / Hogares privados con personas empleadas; organizaciones y órganos extraterritoriales	1.68	1.65	0.04	0	0.02	1.54	1.02	0.07 0.08 0.53
Promedio	1.81	1.74	0.04	0	0.06	2.52	1.46	0.11 0.12 1.01

Fuente: elaboración propia

Tabla A.4
Efectos de Derrama y Retroalimentación de México en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama		Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama	
			EU	C			EU	C
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	1.57	1.01	0.01	0	0.56	1.94	0.13	0.06
Minas y canteras	1.47	0.91	0	0	0.56	1.55	0.13	0.04
Alimentos, bebidas y tabaco	2.93	2.75	0	0	0.18	2.31	0.23	0.07
Prendas de vestir, productos textiles, cuero y calzado	1.38	1.12	0.02	0.01	0.26	1.72	0.24	0.18
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	1.22	0.53	0.01	0	0.69	2.03	0.19	0.05
Pasta, papel, productos de papel, actividades de imprenta y editoriales	1.42	0.71	0	0	0.71	1.85	0.24	0.03
Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	1.67	1.24	0	0	0.43	1.99	0.11	0.11
Químicos excluyendo farmacéuticos / Farmacéuticos	1.88	1.31	0	0	0.57	1.98	0.36	0.05
Fabricación de caucho y otros plásticos	1.22	0.77	0.01	0	0.45	1.96	0.37	0.07
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	1.3	0.64	0.01	0	0.66	1.8	0.23	0.08
Hierro y acero / Metales no ferrosos	1.54	0.82	0.01	0	0.72	1.96	0.3	0.07
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1.33	0.99	0.01	0	0.34	1.84	0.29	0.06
Fabricación de maquinaria y equipo, n.c.p. / Maquinaria eléctrica y aparatos eléctricos, n.c.p.	1.49	1.41	0.01	0	0.08	1.78	0.36	0.08
Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática / Equipo de radio, televisión y comunicación / Instrumentos médicos, de precisión y ópticos / Manufactura n.c.p.; reciclamiento (incluye muebles)	1.78	1.7	0.01	0	0.08	1.58	0.24	0.1
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques / Construcción y reparación de barcos y botes / Aeronaves y naves espaciales / Ferrocarriles y equipo de transporte, n.c.p.	2.07	1.97	0.01	0	0.1	1.9	0.4	0.11

Fuente: elaboración propia

Continuación...Tabla A.4
Efectos de Derrama y Retroalimentación de México en América del Norte

Sectores	Demanda				Oferta			
	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama EU	C	Efectos Totales	Efectos Intranacionales	Derrama EU	C
Generación, captación y distribución de energía eléctrica / Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías / Suministro de vapor y agua caliente / Captación, depuración y distribución de agua	1.58	0.98	0	0	0.61	1.49	1.4	0.23
Construcción	3.51	3.43	0	0	0.08	1.75	1.46	0.11
Comercio al por mayor y al por menor; reparaciones	2.96	2.53	0	0	0.43	1.51	1.12	0.11
Hoteles y restaurantes	1.41	1.27	0	0	0.14	1.82	1.58	0.1
Transporte terrestre y por tuberías	1.9	1.62	0.01	0	0.28	1.69	1.11	0.17
Transporte acuático	1.08	0.67	0	0	0.41	2.02	1.39	0.6
Transporte aéreo	1.18	0.88	0	0	0.3	1.85	0.94	0.3
Actividades de transporte complementarias y auxiliares; actividades de agencias de viajes	1.11	0.62	0.01	0	0.48	1.28	1.15	0.03
Correo y telecomunicaciones	1.43	0.9	0	0	0.53	1.9	1.07	0.3
Intermediación financiera y seguros / Actividades inmobiliarias	1.87	1.52	0	0	0.35	1.56	1.35	0.08
Renta de maquinaria y equipo	1.2	0.25	0	0	0.95	1.89	0.85	0.41
Informática y actividades conexas	1.21	1	0	0	0.21	1.57	1.27	0.11
Investigación y desarrollo / Otras actividades empresariales	1.77	0.84	0	0	0.93	1.63	1.19	0.15
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	1.91	1.9	0	0	0.01	1.61	1.38	0.08
Educación	1.19	1.17	0	0	0.02	1.66	1.5	0.07
Servicios sociales y de salud	1.33	1.33	0	0	0	1.6	1.37	0.09
Otros servicios comunitarios, sociales y personales / Hogares privados con personas empleadas; organizaciones y órganos extraterritoriales	1.41	1.34	0	0	0.07	1.67	1.39	0.11
Promedio	1.63	1.25	0.005	0.002	0.38	1.77	1.25	0.21

Fuente: elaboración propia

Apéndice

Solución por demanda de efectos totales para los países miembros del TLCAN.

$$X^C = \begin{bmatrix} I - A^{CC} - A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MC} - A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})A^{MEU})^{-1}A^{EUC} - \\ A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MC} - \\ A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}A^{EUC} - \\ A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MC} \end{bmatrix}^{-1} \\ \begin{bmatrix} f^C + A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}f^{EU} + \\ A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}f^M + \\ A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}f^{EU} + \\ A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}f^M \end{bmatrix}$$

$$X^{EU} = \begin{bmatrix} I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU} - A^{EUM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})A^{CM})^{-1}A^{MEU} - \\ A^{EUM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{MEU} - \\ A^{CM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{CEU} - \\ A^{CM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{MEU} \end{bmatrix}^{-1} \\ \begin{bmatrix} f^{EU} + A^{EUM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}f^M + \\ A^{EUM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{MM})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{CM}(I - A^{CC})^{-1}f^C + \\ A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}f^M + \\ A^{CM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}f^C \end{bmatrix}$$

$$X^M = \begin{bmatrix} I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM} - A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})A^{CEU})^{-1}A^{EUM} - \\ A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM} - \\ A^{CM}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}A^{EUM} - \\ A^{CM}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM} \end{bmatrix}^{-1} \\ \begin{bmatrix} f^M + A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}f^{EU} + \\ A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}f^C + \\ A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}f^{EU} + \\ A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CEU})^{-1}A^{EUC}(I - A^{CC})^{-1}f^C \end{bmatrix}$$

Solución por oferta de efectos totales para los países miembros del TLCAN.

$$\begin{aligned}
 X^{IC} &= \begin{bmatrix} I - E^{CC} - E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MC} - E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})E^{MEU})^{-1}E^{EUC} - \\ E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MC} - \\ E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}E^{EUC} - \\ E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MC} \end{bmatrix}^{-1} \\
 &\quad \begin{bmatrix} V^{IC} + V^{IEU}(E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}) + \\ V^{IM}(E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}) + \\ V^{IEU}(E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}) + \\ V^{IM}(E^{CM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}E^{MEU})^{-1}E^{EUM}(I - E^{MM})^{-1}) \end{bmatrix} \\
 X^{EU} &= \begin{bmatrix} I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU} - E^{EUM}(I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})E^{CM})^{-1}E^{MEU} - \\ E^{EUM}(I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{MEU} - \\ E^{CM}(I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM})^{-1}E^{CEU} - \\ E^{CM}(I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM})^{-1}E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{MEU} \end{bmatrix}^{-1} \\
 &\quad \begin{bmatrix} V^{IEU} + V^{IM}(E^{EUM}(I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM})^{-1}) + \\ V^{IC}(A^{EUM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{MM})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{CM}(I - A^{CC})^{-1}) + \\ V^{IM}(A^{CM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU}(I - A^{EUEU} - A^{EUM}(I - A^{MM})^{-1}A^{MEU})^{-1}) + \\ V^{IM}(A^{CM}(I - A^{MM} - A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}A^{CM})^{-1}A^{MC}(I - A^{CC})^{-1}) \end{bmatrix} \\
 X^{IM} &= \begin{bmatrix} I - E^{MM} - E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM} - E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})E^{CEU})^{-1}E^{EUM} - \\ E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM} - \\ E^{CM}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUEU}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}E^{EUM} - \\ E^{CM}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUEU}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CM} \end{bmatrix}^{-1} \\
 &\quad \begin{bmatrix} V^{IM} + V^{IEU}(E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}) + \\ V^{IC}(E^{MEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}) + \\ V^{IEU}(E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}) + \\ V^{IC}(E^{MC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU}(I - E^{EUEU} - E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}E^{CEU})^{-1}E^{EUC}(I - E^{CC})^{-1}) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Modelación de decisiones laborales de los padres y las madres de Nuevo León: aplicación de los modelos de negociación

Jeyle Ortiz Rodríguez*

Fecha de recepción: 03 XII 2010

Fecha de aceptación: 17 III 2011

Resumen

En el presente artículo, se modela la toma de decisiones de oferta laboral de los padres y las madres de familia de Nuevo León, y se encuentran los diferentes niveles de bienestar que ambos integrantes pudieran enfrentar por diferentes horas de trabajo remunerado para cada uno. Se utilizan los modelos de negociación y se analizan bajo el enfoque de teoría de juegos. Se adapta una metodología para la separación de los bienes consumidos por cada integrante de los hogares, lo cual permite estimar un sistema de demandas para la madre y otro para el padre de familia, y se rechaza la existencia del modelo unitario. Como parte de los resultados, se encuentra que, entre las principales causas microeconómicas que influyen en la reducción del nivel de participación de las madres de familia en el mercado laboral remunerado, están el nivel de escolaridad del padre de familia, la edad de la madre de familia y el número de hijos menores de cinco años.

Palabras clave: Modelos de negociación, equilibrio de Nash, sistema de demandas, oferta laboral.

Clasificación JEL: C7, C71.

Abstract

This paper models labor supply decisions of fathers and mothers from Nuevo Leon State and examines the welfare levels that both could face under different hours of paid work. Bargaining models are applied and analyzed using game theory. It is adapted a methodology to separate goods consumed by each household member. Then, two demand systems are estimated to know the differences in fathers and mothers' consumption patterns which reject the unitary model. Finally, this paper finds that fathers' education level, mothers' age, and children younger than five years old affect mothers' labor supply.

*Departamento de Economía, Universidad Torcuato di Tella. Correo electrónico: jeyleortiz@gmail.com

Keywords: Bargaining models, Nash equilibrium, demand system, labor supply.

JEL Classification: C7, C71.

Introducción

La mujer ha enfrentado una serie de características socioeconómicas en el entorno familiar, lo que ha provocado que en muchos de los hogares ella sea quien reduzca sus horas de trabajo para dedicarlas al hogar o a trabajar en empleos con horarios y características más flexibles y que, por lo tanto, su participación en el mercado de trabajo remunerado presente importantes diferencias con respecto a la del hombre. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Familia y Vulnerabilidad en México 2006, del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México, el 53.79% de las mujeres que dejan de trabajar, lo hacen debido a que deciden ocuparse de sus hijos o porque contrajeron nupcias.

Por otra parte, Couprie (2007) afirma que la especialización de roles en la familia lleva a las mujeres casadas a sustituir el trabajo remunerado por las actividades en el hogar, lo que provoca que las mujeres tengan una menor participación que los hombres, en el mercado laboral. Lo anterior, puede llevar a una generalización equivocada sobre las preferencias que las mujeres tienen sobre el ocio, y a que no se tomen en cuenta los procesos y las diferentes opciones que enfrentaron para llegar a la decisión de reducir sus horas de trabajo.

La presente investigación busca modelar, bajo el enfoque de los modelos de negociación, la toma de decisiones laborales de los padres y las madres de familia de Nuevo León. Con la estructura metodológica que aquí se propone, se pretende determinar si las decisiones de oferta laboral de los padres y las madres de familia de Nuevo León pueden resultar en equilibrios de Nash o en situaciones en las que el padre o la madre de familia reciban los niveles de bienestar más bajos, presentes en el juego de decisiones que enfrentan con su pareja. Con base en lo anterior, se encuentran las características socioeconómicas que influyen para que las decisiones laborales de los padres y las madres de familia los lleven a situarse en dichos puntos.

Como base del análisis, se utilizan los datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004, del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), la cual es representativa para Nuevo León en dicho año.

La importancia de la presente investigación radica en que las decisiones de cualquier integrante del hogar tienen efectos sobre el resto de los integrantes, y estas pueden llevar a resultados que afecten de forma permanente el nivel de vida de la familia en general.

1. Fundamentación teórica

1.1 El mercado laboral

En ausencia de ingreso no laboral y con el fin de consumir bienes y servicios, las personas dedican parte de su tiempo al trabajo remunerado y, de esta forma, buscan maximizar su función de utilidad. Por lo tanto, los individuos eligen entre consumir ocio o bienes y servicios. Trabajar implica un costo de oportunidad, determinado no únicamente por el valor de las horas que se puedan dedicar al ocio, sino también por el valor atribuido a la economía del cuidado, donde se incluyen todas aquellas actividades que se realizan en el hogar sin pasar por el mercado, por ejemplo, el cuidado de niños, ancianos y enfermos, el cocinar o limpiar para la unidad familiar y otras (Martínez y Acevedo, 2002).

Generalmente, las horas de trabajo dependen de los salarios, precios relativos, ingresos no laborales, transferencias y preferencias. Algunos autores aseguran que los determinantes para trabajar varían entre hombres y mujeres casadas. De acuerdo con Fearn (1981), las horas de trabajo de las mujeres dependen principalmente del ingreso no laboral, salario potencial del esposo, el número de hijos pequeños en el hogar, su nivel de educación y de la tasa de desempleo en la economía. Adicionalmente, el autor menciona que recientemente las mujeres de Estados Unidos tienen una “nueva actitud” ante la participación en el mercado de trabajo, sumado a las mayores oportunidades y la existencia de nuevas leyes que protegen más a las mujeres. Lo anterior ha llevado a que la participación de la mujer en el mercado de trabajo se haya incrementado.

Eso explica por qué las personas deciden trabajar y la manera en que eligen sus horas de trabajo y nivel de consumo, pero solo se hace referencia a elecciones individuales sin interacción con otras personas.

Ahora que, si se supone una economía en donde existen dos agentes y ambos pueden dedicar su ingreso laboral al consumo de bienes públicos y bienes privados, el individuo A puede considerar dos alternativas: adquirir bienes públicos (C_x) o bienes privados (C_y); a su vez, él sabe que el individuo B tiene funciones de reacción a consumir bienes públicos (R_x) o bienes privados (R_y). Debido a que el individuo A podrá disfrutar los bienes

públicos independientemente de quien los adquiriera, su estrategia dominante es no adquirir bienes públicos, y lo mismo para *B*. Es decir, ningún individuo tiene el incentivo a proveer bienes públicos a la economía.

Estableciendo una analogía a partir de lo expuesto, respecto de un hogar, cabe preguntar: ¿por qué en los hogares uno o varios individuos proveen bienes públicos e incluso privados a los demás integrantes del hogar? Comúnmente, cuando los hijos son pequeños, los padres de familia, ambos o uno de ellos, se encargan de proveerles tanto bienes públicos como privados. Becker y Barro (1986) afirman que los padres educan, cuidan y preparan a los hijos para la vida adulta debido a que son bienes de inversión o de consumo. Sin embargo, en los hogares en donde las madres de familia no trabajan, no es posible considerárseles como un bien de inversión, ya que generalmente continúan con la misma conducta a través del tiempo (Couprie, 2007). Por lo tanto, ¿cuál es el incentivo de los hombres a proveer tanto bienes públicos como privados a las amas de casa? De acuerdo con Sen (2001), los individuos poseen normas y preferencias “socialmente conscientes”, y esto ayuda a la distribución de los bienes y servicios dentro de un hogar.

No es posible generalizar las preferencias que las mujeres tienen sobre la oferta laboral. En primer lugar, cuando la madre de familia decide trabajar existen dos efectos para el hogar. Uno, que al trabajar aumentan los ingresos del hogar, el nivel de vida de los integrantes del hogar y el bienestar de la madre; el bienestar de la madre se puede incrementar no solo a causa del aumento del consumo derivado del mayor ingreso, sino también debido a un aumento en su desarrollo de capacidades, empoderamiento, participación e inclusión de capital social, entre otros. Dos, el tiempo que ella dedica al trabajo remunerado, es tiempo que ya no pasa atendiendo a la familia o en compañía de los demás integrantes del hogar.

Blundell, Chiappori, Magnac y Meghir (2007) suponen que las horas de trabajo de los hombres son variables discretas y las de las mujeres variables continuas, lo anterior debido a que los hombres poseen la responsabilidad de mantener económicamente al hogar, y por lo tanto, cuando no trabajan están en busca de un trabajo de tiempo completo para poder satisfacer las necesidades del hogar. Por otro lado, el rango de las horas laborales de las mujeres es más amplio y con una fracción importante que no trabaja.

Blood y Wolfe (1960) encontraron que los recursos materiales aportados al hogar tienen un mayor peso en el poder de negociación que las creencias ideológicas o normativas de la región; por lo tanto, las mujeres que trabajan fuera de la casa tienen un poder de negociación mayor que las amas de casa

que solo trabajan en el hogar, y este poder aumenta conforme se incrementa el número de horas trabajadas.

Diversos estudios como el de Qian (2005) buscan ver el impacto que tienen las transferencias al hogar, y han encontrado que se tienen diferentes efectos dependiendo si es el padre o la madre de familia quien la recibe, lo cual rechaza que en las decisiones del hogar participen de igual manera los hombres y las mujeres.

Así mismo, se ha encontrado que la oferta laboral de las mujeres disminuye conforme aumenta el número de hijos. Clark, Couprie y Sofer (2002) encontraron este efecto en Inglaterra, sobre todo cuando la edad de los hijos es menor de cinco años, y para el caso de los hombres, son las horas de trabajo las que disminuyen conforme aumenta el número de hijos, siempre y cuando sean mayores de cinco años. Gammage y Orozco (2008) encuentran que la reducción de la participación laboral de las mujeres mexicanas, en parte, es causada por tener hijos menores de 5 años y entre 6 y 12 años, pero la reducción es mayor si se tienen hijos del primer grupo. Adicionalmente, encuentran que para el caso de Guatemala tener hijos menores de 7 años afecta las decisiones de las mujeres a participar en el mercado laboral. Analizando, de las mujeres ocupadas en el año 2010 en el estado de Nuevo León, según datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, el 33.37% no tiene hijos, el 34.06% tiene de 1 a 2 hijos, el 29.33% tiene de 3 a 5 hijos y tan solo el 3.24% tiene más de 6 hijos.

1.2 Modelos unitarios y no unitarios

Comúnmente, para analizar las decisiones dentro de los hogares, se utilizan los modelos unitarios y los no unitarios. Los modelos unitarios, desarrollados como una extensión del modelo neoclásico de Becker (1964), asumen que todos los miembros del hogar tienen las mismas preferencias o que uno de los miembros toma las decisiones por todos los integrantes. Por otro lado, los modelos no unitarios poseen factores de distribución en los resultados y toman a los hogares como un conjunto de preferencias individuales diferentes, en donde cada uno maneja y controla sus recursos.

Hurwicz y Uzawa (1971) afirman que si un sistema de demandas cumple con las condiciones de homogeneidad y matriz simétrica y negativa semidefinida de la ecuación de Slutsky, la función de utilidad dependerá solo de cantidades, a lo que también se le puede catalogar como unitario; es decir, un modelo unitario debe cumplir con las condiciones de Slutsky y a su vez los resultados deben ser independientes de factores de distribución.

Sin embargo, Chiappori, Browning y Lechene (2004) sugieren que un modelo que cumpla con las condiciones de Slutsky puede ser catalogado como unitario, aunque los resultados no sean independientes de factores de distribución, pero señalan que no existe un consenso en la literatura sobre este punto, por lo que a los modelos que satisfagan las condiciones de Slutsky y no sean independientes de factores de distribución, los llaman modelos unitarios dependientes.

Debido a que el uso de modelos unitarios implica que todos los miembros del hogar tengan las mismas preferencias, este tipo de modelos no se ajusta a las características que se pretenden modelar en la presente investigación, ya que se asume que el padre y la madre de familia reciben diferentes niveles de bienestar, por las horas de trabajo de cada uno.

A partir de la década de 1980, se cuestionó la idea de una función de utilidad única y se ha buscado desarrollar una alternativa que muestre la dinámica interna de la asignación de recursos dentro de la familia, la cual no se presenta en los modelos unitarios. Paradójicamente, eso trajo consigo la aparición de los modelos no unitarios, entre los que se encuentran los modelos colectivos y los modelos de decisiones negociadas; estos últimos pueden ser clasificados en cooperativos y no cooperativos.

Los modelos colectivos asumen que en los hogares se toman decisiones Pareto eficientes, y los diferentes procesos de toma de decisiones llevan a colocarse en diferentes situaciones, a lo largo de la frontera de posibilidades de estas decisiones, las que, a su vez, dependen del peso que tiene cada miembro en el hogar. Estos valores resumen el proceso de negociación o toma de decisiones y reflejan el poder relativo de cada miembro del hogar.

Por otro lado, el modelo colectivo implica que, una vez realizado el proceso de selección, las familias se sitúan dentro de la frontera de posibilidades de puntos Pareto eficientes; sin embargo, en la presente investigación no se restringe sobre el tipo de decisión que se toma en los hogares después del proceso de negociación, por lo cual, este tipo de modelos no se ajusta al propósito del trabajo.

Los modelos de negociación se pueden definir, como: un juego en el cual participan varios tomadores de decisiones, cuyas elecciones tienen un efecto sobre el bienestar de cada jugador.

Dentro de los modelos de negociación, las principales diferencias entre los cooperativos y no cooperativos son las posibilidades de comunicación, negociación y compromiso que tienen los participantes en la toma de decisiones. En un modelo de negociación cooperativo, los participantes

cuentan con mecanismos que les permiten tomar decisiones conjuntas; pero, si no existe la posibilidad de llegar a acuerdos entre los jugadores, se habla de un modelo no cooperativo. Además, si los hogares llegan a resultados de procesos no cooperativos, estos pueden ser mejorados a través de la cooperación, lo cual no necesariamente lleva a decisiones equitativas.

De acuerdo con Sen (1992), la decisión de los miembros de los hogares a participar o no de manera colectiva depende de las “normas, reglas y percepciones sociales, sobre nuestro comportamiento”. Por lo anterior, el autor afirma que decisiones o acciones colectivas inicuas pueden ser sostenidas a través del tiempo, debido a estas normas o reglas sociales. Es decir, actuar de forma colectiva, lo cual implica la búsqueda de un propósito común, no asegura que las decisiones lleven a resultados equitativos para todos los integrantes del hogar.

Es importante mencionar que los modelos de negociación no necesariamente están basados en decisiones egoístas, ya que puede haber miembros del hogar que prefieran entregar parte de sus asignaciones o de su poder de negociación a otro integrante. Sin embargo, esta transferencia de bienestar produce una utilidad mayor al jugador que se sacrificó, lo cual puede ser más eficiente en la práctica. Según Elster (1989), el egoísmo puede ser el incentivo de los integrantes del hogar a participar de forma colectiva, ya que presumiblemente su bienestar aumentará.

Una forma de análisis de los modelos de negociación es mediante la teoría de juegos, en la cual se tienen decisiones interactivas con un comportamiento estratégico, participan dos o más entes y cada decisión se deriva de lo que se espera que haga el otro. Existen dos formas de análisis de las interacciones: juegos no cooperativos y cooperativos. La principal característica distintiva de estos procesos es la forma como se toman las decisiones.

Nash (1950) encontró una solución sostenible de los juegos o modelos no cooperativos y la llamó equilibrio de Nash. El ejemplo más representativo de estos modelos es el dilema del prisionero. En este juego, dos individuos son detenidos por haber cometido un delito. Ambos son separados e interrogados individualmente. Los dos tienen dos estrategias disponibles: cooperar con el otro detenido (no confesar el delito) y no cooperar (confesar el delito). Ellos saben que si ninguno de los dos confiesa, cada uno permanecerá en prisión por dos años. Si uno de los dos confiesa, quien lo hace queda libre y al otro lo condenan a diez años. Pero si ambos confiesan, los dos estarán en prisión por seis años. Como resultado, ambos jugadores tienen el incentivo a confesar bajo cualquier estrategia del otro jugador, es decir, la estrategia dominante de los dos jugadores es confesar y por lo tanto, el equilibrio de

Nash es el punto donde ambos confiesan y son condenados a seis años de prisión.

Las soluciones de equilibrio de Nash se encuentran cuando ninguno de los jugadores tiene el incentivo a moverse del punto en el que se ubica, ya que no podría estar mejor cambiando de estrategia porque el otro jugador respondería también cambiando de estrategia y viceversa, es decir, es la mejor respuesta de un jugador ante la mejor respuesta del otro jugador.

Chiappori *et al.* (2004), señalan que el modelo más adecuado depende del contexto y de lo que se pretenda modelar. El presente trabajo se guía bajo las líneas del modelo de negociación, sin embargo, no se puede afirmar si el proceso de toma de decisiones es de forma cooperativa o no, pero una vez que se obtengan los resultados, estos pueden ayudar a identificar si ciertos grupos de la población con determinadas características socioeconómicas realizan acciones cooperativas o no.

2. Estructura metodológica

Para modelar la toma de decisiones laborales de los padres y las madres de familia de Nuevo León, esta investigación se guía bajo los modelos de negociación a través de la construcción de una matriz de pagos, formada con los diferentes niveles de utilidad que los padres y las madres de familia podrían enfrentar por diferentes horas de trabajo remunerado de cada uno.

Primero, se estima un sistema de demandas para los padres de familia y otro para las madres de familia, este sistema de demandas cuenta con una función de utilidad predeterminada, la cual ayudará a conocer el nivel de bienestar actual de cada uno. En la ENIGH, los datos de gastos en bienes y servicios aparecen en el nivel hogar, sin embargo, se adapta una metodología propuesta por Deaton (1997) para la separación del consumo por miembro del hogar y -con esto- poder calcular un sistema de demandas para la madre y otro para el padre de familia.

Una vez obtenido el nivel de utilidad tanto para el padre como la madre de familia, se varía el número de horas laborales de cada uno. Siguiendo a Blundell *et al.* (2007), las horas laborales de las madres de familia varían en tres grupos: cero, mayores de cero pero menores o iguales a cuatro y mayores de cuatro; y las del padre de familia, en dos: cero y mayores de cero. Cuando cambian las horas laborales de ambos, se afecta el nivel de ingreso y el consumo de bienes de cada uno. Lo anterior se realiza con el fin de conocer el nivel de bienestar del padre y de la madre de familia, en cada una de las diferentes situaciones laborales de ambos.

Debido a que en la encuesta se conoce la oferta laboral de cada miembro del hogar, y a que una vez obtenidos los niveles de bienestar de los padres y las madres de familia, ante sus diferentes horas de trabajo y las de su pareja, entonces, será posible determinar el tipo de decisiones que toman los hogares: equilibrio de Nash o mínimo bienestar para el padre o la madre de familia. Al realizar esta clasificación para cada hogar, se construye una variable discreta de acuerdo con el tipo de decisión laboral del hogar.

Por lo tanto, para cada tipo de elección, se tendrán identificados los hogares que toman determinada decisión y los que no. Las variables discretas construidas serán las variables dependientes de los modelos Logit, y las independientes, las variables socioeconómicas del hogar, tales como el nivel de educación y edades del padre y madre de familia, ubicación, infraestructura y composición del hogar. Con este modelo se identificarán las características socioeconómicas distintivas de los hogares en donde los padres y las madres de familia tomen decisiones equilibrio de Nash, o reciban el mínimo nivel de bienestar posible.

2.1 Estimación del nivel de bienestar

En este apartado, se describe la forma en la que en esta investigación se estiman los niveles de bienestar que tanto el padre como la madre de familia pudieran enfrentar ante diferentes horas de trabajo remunerado para cada uno, y con esto, realizar una comparación con su situación actual.

Se utiliza un sistema de demandas con una función de utilidad predeterminada, la cual está en función únicamente de la cantidad de bienes, precios e ingreso de los hogares, y no mide directamente otras variables, tales como: el nivel de bienestar generado por criar a los hijos o por el desarrollo profesional; sin embargo, la elección del número de horas que no se trabajan, pueden implícitamente reflejar estas preferencias o imposiciones.

2.1.1 Sistemas de demanda (QUAIDS)

El sistema de demandas *Quadratic Almost Ideal Demand System* (QUAIDS) fue desarrollado por Banks, Blundell y Lewbel en 1997, como una extensión del sistema de demandas *Almost Ideal Demand System* (AIDS), con lo que se buscaba obtener una mejor proyección de la realidad, a través de la incorporación de más términos relacionados con el ingreso, y que dotara a los modelos de una mayor flexibilidad. Es decir, que las curvas de Engel de algunos bienes tuvieran un comportamiento lineal ante el logaritmo del gasto total y además, que se pudieran comportar como bienes de lujo en algunos niveles de ingreso y como necesarios, en otros.

Banks *et al.* (1997), parten de la siguiente forma general de demandas, consistente con la evidencia empírica de las curvas de Engel:

$$w_i = a_i(p) + b_i(p) \log m + c_i(p)g(m) \quad (1)$$

en donde:

w_i = Proporción del gasto total destinada al bien i .

p = Vector de precios para los n bienes.

m = Gasto total.

$a_i, b_i, c_i, g(m)$ = Funciones diferenciables.

La ecuación anterior muestra que la proporción del gasto total destinada al bien i tiene una relación lineal con el logaritmo del gasto total, y que el último término permite la no linealidad en la curva de Engel, el cual será igual a cero ante la presencia de preferencias PIGLOG (*Price Independent Generalized Linearity Logarithmic*).

El sistema de demandas de Banks *et al.* (1997), se deriva de la maximización de la siguiente función de utilidad indirecta, desarrollada como una extensión del sistema de demandas AIDS:

$$\log V = \left\{ \left(\frac{\log m - \log a(p)}{b(p)} \right)^{-1} + \lambda(p) \right\}^{-1} \quad (2)$$

en donde V es la utilidad indirecta, m el gasto total, $[\log m - \log a(p)]/b(p)$ la función de utilidad del sistema de demandas AIDS y con preferencias PIGLOG, $\lambda(p)$ es una función homogénea y diferenciable de grado cero que permite la no linealidad de las curvas de Engel y que sería cero ante preferencias PIGLOG, y $a(p)$ y $b(p)$ representan el costo de subsistencia y costo sombra, respectivamente. Además, se asume que:

$$\log a(p) = \alpha_o + \sum_{i=1}^N \alpha_i \log p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \log p_i \log p_j \quad (3)$$

$$b(p) = \prod_{i=1}^n p_i^{\beta_i} \quad (4)$$

$$\lambda(p) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \log(p) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1} \lambda_i = 0 \quad (6)$$

Aplicando el teorema de Roy a la ecuación (2), se obtiene la proporción del gasto total destinado a cada bien:

$$w_i = \frac{\partial \log a(p)}{\partial \log p_i} + \frac{\partial \log b(p)}{\partial p_i} \log y + \frac{\partial \lambda}{\partial \log p_i} \frac{1}{b(p)} (\log y)^2 \quad (7)$$

Sustituyendo las parametrizaciones de los precios en la participación presupuestaria, se obtiene el sistema de demandas QUAIDS, donde la participación del gasto en el bien i por el hogar h está expresada de la siguiente manera:

$$w_{ih} = \sum_{m=1}^M \alpha_{im} Z_{mh} + \sum_{j=1}^K \gamma_{ij} \log p_{jh} + \beta_i \log \left[\frac{X_h}{a(p)} \right] + \frac{\lambda_i}{b(p)} \left\{ \log \left[\frac{X_h}{a(p)} \right] \right\} + \xi_{ih} \quad (8)$$

Dada la ecuación (8), se puede encontrar que la elasticidad ingreso y la elasticidad precio de la demanda del bien i para el hogar h , están dadas por:

$$\varepsilon_{ih} = \frac{\mu_i}{w_{ih}} + 1 \quad (9)$$

$$e_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{w_{ih}} - \delta_{ij} \quad (10)$$

en donde:

$$\mu_i = \frac{\partial w_i}{\partial \ln m} = \beta_i + \frac{2\lambda_i}{b(p)} \left\{ \ln \left[\frac{m}{a(p)} \right] \right\} \quad (11)$$

$$\mu_{ij} = \frac{\partial w_i}{\partial \ln P_j} = \gamma_{ij} - \mu_i \left(\alpha_j + \sum_k \gamma_{jk} \ln P_k \right) - \frac{\lambda_i \beta_j}{b(p)} \left\{ \ln \left[\frac{m}{a(p)} \right] \right\} \quad (12)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = j \\ 0 & \text{si } i \neq j \end{cases} \quad (13)$$

2.1.2 *Separación de bienes*

Para los fines de la investigación, se requiere estimar el nivel de utilidad tanto para la madre como para el padre de familia mediante la ecuación (2), para lo cual será necesario conocer el consumo de cada uno. Sin embargo, no es posible conocer estos datos directamente porque en general las encuestas de hogares, en este caso la ENIGH, reportan el consumo global del hogar y no separado por integrante. En este apartado, se adapta una metodología propuesta por Deaton (1997) para la separación del consumo por integrante del hogar.

De acuerdo con Deaton (1997), asumir que todos los integrantes de un hogar son tratados de la misma forma puede causar que las medidas de bienestar estén sobreestimadas, o incluso, asumir que todos consumen lo mismo puede traer problemas a la estimación, ya que generalmente los niños no consumen las mismas proporciones que los adultos, ni las mujeres las mismas que los hombres.

Dentro del hogar existe un sesgo en la distribución del consumo que depende de las características socioeconómicas del hogar, del sexo y de las edades de los integrantes, principalmente (Deaton, 1997); por lo tanto, la separabilidad de los bienes puede obtenerse a través de una regresión Tobit, especificada de la siguiente manera:

$$p_i q_i = f(X, A, u, p_j) \quad (14)$$

en donde:

$p_i q_i$ = Gasto en la categoría de bienes i .

X = Variables sobre la composición del hogar (número de niños por edades, número de mujeres y número de hombres).

A = Variables socioeconómicas del hogar.

u = Variables no observables.

p_j = Precios del resto de las categorías.

La proporción de gasto en la categoría de bienes i , destinada al grupo de integrantes r del hogar h , está definida de la siguiente forma:

$$P_{r,i,h} = \frac{\frac{\partial p_{ih} q_{ih}}{\partial n_{rh}} + \frac{\partial p_{ih} q_{hi}}{\partial A_{rh}}}{\sum_{r=1}^N \left(\frac{\partial p_{ih} q_{ih}}{\partial n_{rh}} + \frac{\partial p_{ih} q_{hi}}{\partial A_{rh}} \right)} \quad (15)$$

en donde:

$p_{ih}q_{ih}$ = Gasto realizado del hogar h en la categoría de bienes i .

n_r = Número de integrantes en el grupo r del hogar h .

A_{rh} = Características socioeconómicas del grupo r del hogar h .

El numerador de la ecuación (15) muestra los cambios en el gasto de la categoría de bienes i , ante cambios en el número de integrantes de la categoría r y de las características socioeconómicas de los integrantes de la categoría r . El denominador es el aumento total del gasto en la categoría de bienes i , ante los aumentos del total de integrantes del hogar h y ante cambios de todas las características socioeconómicas de todos los miembros del hogar h .

Lo anterior arroja la proporción de gasto de cada categoría de bien i , gastada a causa de la presencia de los integrantes del grupo r del hogar h . Y puede ser construida a través de los parámetros obtenidos de la regresión Tobit, especificada en la ecuación (14).

Una vez calculada la proporción de gasto realizada a causa de la presencia de cada integrante en cada categoría de bienes, se procede a estimar el sistema de demandas QUAIDS tanto para el padre como para la madre de familia, el cual ha sido descrito en el apartado anterior.

2.2 Matriz de pagos

La figura 1 muestra la matriz de pagos que se construirá para el juego de las decisiones laborales del padre y la madre de familia. La matriz es la representación normal de un juego con dos jugadores, el padre y la madre de familia. Ambos jugadores tienen varias estrategias disponibles, la madre de familia puede: no trabajar, trabajar medio tiempo o trabajar tiempo completo; por otro lado, el padre de familia puede: trabajar tiempo completo o no trabajar.

Figura 1

Matriz de pagos de las decisiones laborales del padre y la madre de familia

		Madre de familia		
		horas = 0	0 < horas ≤ 4	horas > 4
Padre de familia	horas = 0	$[U^f(0,0), U^m(0,0)]$	$[U^f(0, 0 < \text{horas} \leq 4), U^m(0, 0 < \text{horas} \leq 4)]$	$[U^f(0, \text{horas} > 4), U^m(0 \text{ horas} > 4)]$
	horas > 0	$[U^f(\text{horas} > 0, 0), U^m(\text{horas} > 0, 0)]$	$[U^f(\text{horas} > 0, 0 < \text{horas} \leq 4), U^m(\text{horas} > 0, 0 < \text{horas} \leq 4)]$	$[U^f(\text{horas} > 0, \text{horas} > 4), U^m(\text{horas} > 0, \text{horas} > 4)]$

Fuente: elaboración propia

El tipo de juego (cooperativo o no cooperativo) puede ser diferente en cada hogar y los pagos de los jugadores están determinados por la función de utilidad de la ecuación (2). Se asume que ambos jugadores toman sus decisiones simultáneamente, que el juego dura un periodo y que los jugadores poseen información completa.

En la matriz de pagos, los pagos o resultados de cada jugador están representados por niveles de utilidades, los cuales son encontrados a través de la ecuación (2). Dentro de cada casilla, el primer término muestra la utilidad que recibirá el padre de familia y el segundo, la madre de familia. Los pagos de cada jugador dependen de sus horas de trabajo y de las de su pareja, esto es así debido a que aunque la pareja recibe la remuneración por su trabajo, existen bienes públicos en el hogar, los cuales, aunque el jugador no los provea, podrá consumirlos y recibir una utilidad por ellos.

Por otro lado, no se toman en cuenta las horas de trabajo realizadas en el hogar debido a que se busca modelar las situaciones a las que se enfrentan los hogares, y de incluirse un salario, estimado por las labores realizadas en el hogar, alejaría de este propósito ya que generalmente no se obtiene un pago por estas actividades. Sin embargo, al decidir variar la oferta laboral, el hogar estaría en posibilidad o tendría que adquirir algunas de las labores del hogar en el mercado, pero este costo ya estaría contemplado en la función de utilidad.

El nivel de utilidad recibido ante diferentes niveles de horas de trabajo de cada jugador se encontrará a través del salario que recibiría cada jugador, en cada conjunto de horas de trabajo, mediante ecuaciones mincerianas; sin embargo, el dinero por sí solo no es el mejor indicador de bienestar, por lo cual con la elasticidad ingreso de la demanda presentada en la ecuación (9) se pueden conocer los nuevos niveles de consumo de cada categoría y al sustituirlos en la ecuación (2) se tendrán los niveles de utilidad ante cada nivel de horas de trabajo de cada jugador y de su pareja.

Dado que en la encuesta se presentan las horas de trabajo que cada individuo labora actualmente, es posible identificar en qué casilla se ubican las decisiones del padre y la madre de familia de cada hogar y de esta forma conocer el tipo de decisión que se toma en cada hogar (si en el hogar se minimiza el bienestar del padre, de la madre de familia o se encuentran en un equilibrio de Nash).

2.3 Estimación de salarios

Con el fin de construir la matriz de pagos de la figura 1, la cual está controlada por las horas de trabajo de cada integrante, es necesario conocer el nivel de utilidad del padre y de la madre de familia ante diferentes horas de trabajo (determinado por la ecuación (2)). Y dado que al variar la oferta laboral de cada uno cambia su nivel de ingreso, se requiere encontrar el salario que cada miembro recibiría en el mercado, en caso de que no se encuentre trabajando actualmente.

2.3.1 Ecuaciones de Mincer con splines

Para estimar el salario que recibirían el padre y la madre de familia, se utiliza la versión de la ecuación de Mincer (1974) con splines propuesta por Hungerford y Solon (1987), en la cual el modelo está determinado por la siguiente ecuación:

$$\log w_i = \alpha + \beta_0 Y_i + \beta_1 P(Y_i - 7) + \beta_2 S(Y_i - 10) + \beta_3 H(Y_i - 13) + \beta_4 C(Y_i - 17) + \beta_5 G(Y_i - 19) + \beta_6 E_i + \beta_7 E_i^2 + \beta_8 \text{sexo} + \varepsilon_i \quad (16)$$

en donde:

$\log w_i$ = Logaritmo del salario por hora del individuo i .

Y_i = Años de escolaridad del individuo i .

P = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i terminó primaria y 0 de otra forma.

S = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i terminó secundaria y 0 de otra forma.

H = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i terminó preparatoria y 0 de otra forma.

C = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i terminó licenciatura y 0 de otra forma.

G = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i terminó posgrado y 0 de otra forma.

sexo = Variable discreta que toma el valor de 1 si el individuo i es hombre y 0 si es mujer.

E_i = Años de experiencia del individuo i (edad – 5 – años de escolaridad).

2.3.2 Modelo de Heckman para corregir el sesgo por selección muestral

En la práctica, la decisión sobre trabajar o no es el resultado de una elección que puede contener o carecer de racionalidad económica, y algunas personas potencialmente aptas para trabajar pueden decidir no hacerlo. Un aspecto relevante en el tratamiento de los datos para la estimación de los salarios

consiste en investigar la existencia de un sesgo muestral identificado por Heckman (1979), ya que, generalmente, los salarios estimados promedio provienen de una base de la población observada, es decir, de quienes actualmente están en el mercado de trabajo. De esta forma, se excluye de la medición a la parte de la población apta para el trabajo, pero que no está incorporada al trabajo remunerado, lo que lleva a que las estimaciones sobre los diferenciales entre grupos sean un derivado del comportamiento de la oferta de trabajo. Para corregir este posible sesgo de selección muestral, se requiere aplicar la metodología propuesta por Heckman.

2.4 Modelo Logit

Una vez construida la matriz de pagos del apartado 2.2, se identifica el tipo de decisión que toma cada hogar (equilibrio de Nash, mínimo bienestar para la madre de familia o mínimo bienestar para el padre de familia). Con lo anterior, se forman tres variables discretas (una para cada tipo de decisión) que reciben el valor de 1 si el hogar toma determinado tipo de decisión y 0 de otra forma. Cada una será utilizada como variable dependiente de un modelo Logit, cuyas variables independientes serán las características socioeconómicas y la composición de los hogares.

El modelo Logit es utilizado cuando la variable dependiente es discreta y toma valores de 0 y 1. La función de distribución es logística y la expresión formal del modelo es:

$$P_i = (\text{Pr} = y_i) = \frac{1}{(1 + e^{-z})} \quad (17)$$

en donde:

$$z = \alpha + X_i\beta \quad (18)$$

La variable dependiente y_i toma los valores de 1 si los padres y madres de familia tomaron determinado tipo de decisión laboral y 0 de otra forma. El objetivo es encontrar los parámetros β que hagan más probable que las elecciones ocurran.

La matriz X_i está formada por un conjunto de características socioeconómicas de los hogares, por lo tanto, los resultados del modelo arrojarán las variables socioeconómicas que afectan a la probabilidad de que la variable y_i sea igual a uno, es decir, a las variables que caracterizan a los hogares, en el caso de tomar cierto tipo de decisión.

2.5 Limitaciones y especificaciones

En la presente investigación, las horas de trabajo que se consideran no incluyen las trabajadas en el hogar, ya que como se mencionó, esto cambiaría los fines del trabajo y a la vez su inclusión traería limitantes para observar las relaciones encontradas, debido a que en su mayoría tendríamos hogares homogéneos en los cuales tanto el padre como la madre de familia trabajarían tiempo completo, en el mercado laboral y en el hogar, respectivamente. Así mismo, la construcción de los diferentes escenarios en los que se pueden encontrar ambos integrantes no está basada en los salarios que se obtendrían por el trabajo realizado en el hogar, dado que lo que se trata de reflejar en esta investigación son las situaciones posibles que enfrentarían ambos integrantes. En cambio, si se incluye el salario por labores domésticas, esto alejaría a cualquier escenario de ser una situación posible, porque aunque las mujeres dediquen horas a trabajar en el hogar, difícilmente recibirán un pago por estas actividades.

Por otro lado, el precio del ocio que se utiliza es igual al salario de mercado, lo cual no necesariamente es un reflejo del costo de oportunidad exacto del ocio, ya que no contempla puntos importantes tales como la valoración personal de las condiciones de trabajo y el desarrollo profesional, entre otros.

Adicionalmente, el nivel de utilidad que se calcula únicamente está considerado en función de la cantidad de bienes, ingreso y precios que enfrentan los hogares, y no mide directamente otras variables tales como el nivel de bienestar generado por criar a los hijos o por el desarrollo profesional; pero la elección del número de horas que no se trabajan, implícitamente pueden reflejar estas preferencias o imposiciones. Además, el juego de decisiones analizado en esta investigación es estático, principalmente porque no se tiene una encuesta de ingresos y gastos en donde se mantenga una continuidad de los encuestados a través del tiempo, y además, la situación que prevalece es que los padres y las madres de familia presentan interacciones continuas con respecto a la elección de sus horas de trabajo.

Aunado a lo anterior, en la presente investigación, las elecciones se controlaron por el número de horas trabajadas en el mercado laboral, sin embargo, para futuras investigaciones se podrían utilizar otro u otros criterios e integrar a más miembros del hogar en el juego de decisiones, aunque esto complicaría los cálculos.

Por último, debido a que los datos utilizados son de la ENIGH 2004 y debido a que la encuesta presenta el consumo total de los hogares, en este trabajo, se trata de realizar una separación de los bienes a causa de la presencia de

determinado integrante y sus características, lo cual no implica que toda la proporción encontrada para cada integrante sea para el consumo de él mismo; no obstante, en cierta forma, eso refleja las necesidades, preferencias o poder de cada miembro en el hogar.

3. Resultados

3.1 Estimación de salarios

Con el fin de construir la matriz de la figura 1, con los diferentes niveles de bienestar que los padres y madres de familia tendrían ante cambios en la oferta laboral, se requiere estimar los salarios ya que que no se conocen los salarios que recibirían las personas que no participan en el mercado laboral. En el anexo, en la tabla A1, se presentan los resultados de las ecuaciones mincerianas y la corrección de sesgo propuesta por Heckman.

La estimación por mínimos cuadrados ordinarios de las ecuaciones de Mincer con splines muestra que los años de educación tienen un efecto positivo sobre el salario, al igual que los años adicionales a la terminación de los diferentes niveles de educación, y conforme aumenta el nivel educativo, su rendimiento sobre el salario también se incrementa.

El rendimiento que aportan los años adicionales al término de un nivel educativo aumenta abruptamente al pasar de nivel preparatoria a profesional, es decir, la diferencia en el salario entre tener un año de escolaridad adicional a la preparatoria terminada con respecto a uno teniendo el nivel profesional terminado es aproximadamente 31%.

Los años de experiencia aumentan el nivel de salario obtenido, sin embargo, el efecto marginal de los años de experiencia es negativo, es decir, los años de experiencia aumentan el salario, pero este incremento es cada vez menor. El comportamiento de las variables relacionadas con los años de educación y experiencia es el esperado, de acuerdo con la teoría del capital humano. Por otro lado, la variable sexo tiene un parámetro positivo, lo cual significa que los hombres ganan más que las mujeres, un 9.29%.

Por el signo negativo de la lambda de Mills y por su nivel de significancia, se infiere que las personas que no trabajan tienen una estimación alta de su salario de reserva, lo que implica que estarían dispuestos a trabajar si el salario ofrecido en el mercado fuera más alto que el que prevalece. Lo anterior, confirma la hipótesis de la existencia de un sesgo de selección negativo, es decir, la población que no trabaja posee ciertos atributos no

observados que afectan la probabilidad de que decidan no entrar al mercado laboral.

Con la corrección de Heckman, los resultados indican que las personas que viven en los hogares con mayor escolaridad promedio, de mayor edad y mayor ingreso del resto de los integrantes del hogar, presentan una menor probabilidad de integración al mercado laboral.

De igual forma, las personas casadas o en unión tienen menor probabilidad de trabajar, en comparación con las solteras. El número de niños menores de 5 años y el número de niños entre 6 y 12 años tienen efectos contrarios sobre la probabilidad de incorporarse al mercado laboral, reduciéndola para el primer caso y aumentándola para el segundo.

3.2 Demandas de los hogares

Las elasticidades ingreso de la demanda de los hogares permiten conocer el cambio porcentual en el consumo de cada categoría, ante cambios porcentuales en el ingreso del hogar. Las elasticidades ingreso de la demanda de los hogares de Nuevo León para las diferentes categorías se muestran en la tabla 1, los parámetros del QUAIDS con las que fueron construidas estas elasticidades se presentan en el anexo, en la tabla A.2, y las elasticidades precio cruzadas, en la tabla A3. Para el caso de los hogares, los bienes consumidos por el hogar fueron clasificados en seis categorías, alimentos, salud, vivienda y vestido, transporte, educación y recreación y otros.

Tabla 1
Elasticidad ingreso de la demanda de los hogares

Categoría	Elasticidad Ingreso
Alimentos	0.6490
Salud	1.4257
Vivienda y vestido	1.0845
Transporte	0.9002
Educación	1.3571
Recreación y Otros	1.3284

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Nota: para la construcción de la tabla se utilizaron datos promedio de los hogares de Nuevo León.

La elasticidad ingreso de los alimentos es menor de uno, lo que muestra que los alimentos son bienes necesarios. Lo mismo sucede con el transporte, sin embargo, los alimentos tienen una elasticidad ingreso menor que el

transporte. Una elasticidad ingreso menor de uno muestra que ante un aumento del ingreso en 1%, el gasto en el bien aumenta en menos del 1%. Lo anterior es congruente con otros estudios como el de Cantú (2009), en donde el porcentaje de gasto en alimentos de los hogares con mayor ingreso es menor al de los hogares de menor ingreso.

La elasticidad de la vivienda y vestido, que en cierta forma muestra el gasto patrimonial, es mayor a la unidad, al igual que la elasticidad en salud, educación y recreación y otros. La categoría de salud es la que presenta el mayor nivel de la elasticidad ingreso. La literatura en economía de la salud encuentra que el aumento en el nivel de escolaridad (sobre todo de la madre de familia) aumenta el gasto en salud debido a que las personas más educadas son más conscientes sobre la necesidad de invertir en salud, esto para su propio beneficio y el de su familia (Phelps, 1997), y dado que el mayor nivel de escolaridad está relacionado positivamente con mayores niveles de ingreso, se espera que conforme aumente el ingreso, el gasto destinado a salud sea mayor y que por lo tanto, la elasticidad ingreso de la demanda de salud sea positiva.

3.3 Separación de bienes

La tabla 1 muestra las sensibilidades de las demandas del hogar ante cambios en el ingreso, sin embargo, dicho aumento no es necesariamente destinado por completo al consumo de la persona que aportó el ingreso al hogar. En esta sección, se muestran los resultados de la separación de los bienes consumidos en el hogar.

La tabla 2 muestra la proporción de gasto realizada a causa de la presencia de cada integrante del hogar y calculada a partir de la adaptación de la metodología de Deaton (1997), la cual es descrita en el capítulo anterior. En la tabla A.4 del anexo, se muestran los coeficientes de las regresiones para todas las categorías.

Las proporciones mostradas no necesariamente van destinadas por completo al consumo del integrante correspondiente. Sin embargo, estas muestran el gasto realizado por la presencia de dicho integrante (aunque, tal vez, una parte de esta proporción la consume otro miembro), lo cual ayuda a reflejar sus preferencias en la distribución del gasto del hogar.

Tabla 2
Proporción de gasto realizada a causa de la presencia de cada integrante del hogar

Categoría	Niños de 0 a 5 años	Niños de 6 a 10 años	Niños de 11 a 17 años	Mujeres adultas	Hombres adultos
Alimentos	6.31%	11.75%	30.43%	31.45%	20.06%
Salud	22.39%	35.80%	11.13%	24.57%	6.11%
Vivienda	7.88%	35.12%	15.51%	32.22%	9.27%
Transporte	NS	NS	28.44%	31.65%	39.91%
Educación	18.62%	32.81%	25.02%	18.86%	4.68%
Recreación y Otros	NS	10.28%	13.79%	37.40%	38.53%

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Nota: NS = parámetros no significativos.

La tabla anterior muestra que para el caso de alimentos, la mayor proporción del gasto en esta categoría es a causa de la presencia de mujeres adultas en el hogar. Con respecto al gasto en salud, la proporción del gasto destinado debido a la presencia de niños entre 6 y 10 años es mayor que la causada por mujeres adultas, sin embargo, esta es muy superior a la de hombres. No es posible afirmar que el 24.57% del gasto de la salud de los hogares es destinado para el consumo de la madre de familia, sin embargo, es evidente que dentro de los hogares de Nuevo León, la proporción del gasto en salud es mayor donde hay presencia de mujeres adultas.

Al comparar las proporciones de gasto en educación, sucede algo similar que con el gasto en salud, el gasto que genera la presencia de mujeres adultas en educación es mayor que la de los hombres.

Por otro lado, la existencia de niños menores de 5 años no tiene un efecto significativo en el gasto de los hogares, en recreación y otros, cuya causa puede ser de la corta edad de estos integrantes. Al mismo tiempo, para los dos grupos restantes de niños, la proporción del gasto aumenta conforme se incrementan las edades, debido a que con mayor edad se pueden preferir mayores actividades recreativas. También es claro que, a mayor edad, los hijos tienen una mayor participación en las decisiones del hogar, más poder de negociación y es más fácil que externen sus preferencias ante los padres.

La proporción del gasto en recreación y otros que es causada por la presencia de hombres adultos, es mayor que el de las mujeres. Entre las posibles causas está que, dado que los hombres trabajan más horas, los integrantes del hogar buscan dedicar un mayor gasto en recreación para los hombres; o, tal vez, que el mayor número de horas trabajadas y por lo mismo el mayor

ingreso aportado al hogar, le genera un mayor poder dentro del hogar como para decidir, autoritariamente, el gasto en dicha categoría.

Por su parte, la presencia de niños entre 0 y 10 años no tiene un efecto sobre el gasto total del hogar en transporte, esto se puede deber a que generalmente hay más escuelas de educación preescolar y primaria cerca del hogar y se puede acceder a estas caminando y sin incurrir en un gasto monetario.

Así mismo, la presencia de mujeres adultas causa un mayor gasto en vivienda y vestido que la de los hombres adultos. Lo anterior es congruente con un estudio de Edwards (2008) sobre el ahorro y la inversión en infraestructura de los hogares del Área Metropolitana de Monterrey; en él, el autor encuentra que las madres de familia tienden a realizar una mayor inversión en mejoras de la infraestructura del hogar comparada con la que realizan los padres de familia. Esto es así, principalmente porque ellas pasan más tiempo en el hogar y se enfrentan más tiempo a la escasez y los problemas de infraestructura del hogar.

3.4 Demandas de los padres y las madres de familia

Para cada hogar, se encontraron las proporciones de la tabla 2, habiendo utilizado los resultados de la tabla A.4 y separado el consumo de cada integrante del hogar, con el fin de realizar la estimación de un sistema de demandas QUAIDS para el padre de familia y otra para la madre (tablas A.5 y A.6 del anexo), a través de las cuales se obtendría el nivel de utilidad actual, así como el que se podría recibir en caso de trabajar un número de horas diferente.

En las tablas A.7 y A.8, se muestran las elasticidades ingreso y precio de la demanda para las madres y padres de familia, respectivamente; las cuales son significativamente diferentes. Debido a que los parámetros y elasticidades precio e ingreso son significativamente diferentes entre los padres y las madres de familia, se rechaza la existencia del modelo unitario, ya que en este se asume que todos los miembros del hogar tienen las mismas preferencias.

Para encontrar los diferentes niveles de utilidad posibles, se utilizan las elasticidades ingreso de los hogares que arrojan los QUAIDS (tabla A.2), ya que al variar la oferta laboral, cambia el nivel ingreso, lo que lleva a consumir una diferente cantidad de bienes y, por lo tanto, a que cambie el nivel de utilidad recibido. Este cambio en la cantidad consumida de bienes, causado por el ajuste del ingreso, es encontrado mediante las elasticidades ingreso.

3.5 Decisiones laborales

Con base en los datos de los apartados anteriores y la secuencia de la estructura metodológica presentada, para cada hogar se construyó la matriz de pagos de la figura 1, la cual es la representación normal de un juego con dos jugadores, el padre y la madre de familia. Ambos jugadores tienen varias estrategias disponibles, la madre de familia puede: no trabajar, trabajar medio tiempo o trabajar tiempo completo y, por otro lado, el padre de familia puede: trabajar tiempo completo o no trabajar.

El tipo de juego (cooperativo o no cooperativo) puede ser diferente en cada hogar, los pagos de los jugadores están determinados por la función de utilidad de la ecuación (2), se asume que ambos jugadores toman sus decisiones simultáneamente, que el juego dura un periodo y que los jugadores tienen información completa.

3.5.1 Equilibrio de Nash

En este apartado, se presentan los resultados relevantes de los hogares que toman decisiones con equilibrio de Nash en las horas laborales. Es importante aclarar que este tipo de decisiones no necesariamente son los puntos en los cuales ambos jugadores están mejor, ya que los resultados de uno dependen de las decisiones del otro jugador y, por lo tanto, son un equilibrio porque si uno se moviera a otro punto para mejorar su bienestar, las decisiones del otro no lo dejarían posicionarse en dicho punto y, al menos uno, terminaría en una situación peor con respecto al equilibrio.

Por otro lado, un equilibrio de Nash no se puede considerar como un señalamiento completo de equidad de género. Lo que señala es que en los hogares que se tome este tipo de decisión, tanto los padres como las madres de familia están involucrados activamente en la toma de decisiones de oferta laboral y ambos están buscando maximizar su nivel de bienestar sujeto a la maximización de bienestar que realiza la pareja. Al mismo tiempo, un equilibrio de Nash no es un factor excluyente de participación en los hogares, ya que puede haber hogares en los que se presente un proceso de toma de decisiones y que ambos integrantes participen activamente, pero el resultado sea diferente a un equilibrio de Nash. No obstante, el equilibrio de Nash se puede considerar como un acercamiento a la equidad de género a través del empoderamiento de las madres de familia con respecto a las decisiones del hogar.

Al calcular el nivel de utilidad de los padres y las madres de familia de Nuevo León por diferentes horas laborales para cada uno (y por lo tanto diferente nivel de ingreso del hogar), se encontró que solo hay dos tipos de

hogares en donde se toman decisiones con resultado en equilibrio de Nash. El primero es en donde ni el padre ni la madre de familia trabajan y el segundo, en donde la madre no trabaja y el padre trabaja tiempo completo.

Considerar una situación en la que ni el padre ni la madre de familia trabajen es poco común, principalmente por la necesidad de ciertos productos y servicios básicos; sin embargo, la edad promedio de las personas que integran este grupo son cercanas a las de adultos mayores, siendo de 62 y 67 años para madres y padres de familia, respectivamente, en donde la mayoría (72.76%) son personas jubiladas y por lo mismo cuentan con una pensión con la que pueden enfrentar un nivel de consumo base. Por otro lado, es importante mencionar que todas las parejas de la muestra, en donde ninguno de los miembros trabaja, resultaron tomadoras de decisiones equilibrio de Nash.

Respecto de la situación en la cual ninguno de los dos trabaja, se puede inferir que el consumo adicional provocado por un aumento del ingreso derivado de más horas de trabajo, no compensa las horas de ocio que se dejarían de consumir en caso de integrarse al mercado laboral.

En total, el 37.95% de los hogares de Nuevo León toman decisiones equilibrio de Nash en cuanto a las horas de trabajo, del cual, el 76.14% se encuentra en la combinación en donde la madre de familia no trabaja y el padre trabaja tiempo completo.

Cuando se analiza un juego, es posible encontrar un equilibrio de Nash en un punto determinado, pero la existencia de tal equilibrio no implica que los jugadores lo resuelvan posicionándose en él, solo indica que los jugadores están jugando de otra manera y no maximizando su nivel de bienestar, que está sujeto a que el otro jugador también lo esté maximizando.

En el caso de Nuevo León, existen hogares que tienen un equilibrio de Nash, sin embargo, no están tomando dicha decisión; es decir, su equilibrio de Nash se encuentra en una situación distinta a la que el hogar se encuentra. El caso más relevante es el 11.24% de los hogares, en donde la madre no trabaja y el padre trabaja tiempo completo, en tales casos, el equilibrio de Nash se encuentra donde ambos trabajan tiempo completo; en estos hogares, los años de escolaridad promedio de la madre y el padre de familia son 11.95 y 13.34 años, respectivamente. Estos resultados indican que en dichos hogares hay factores que influyen para que ambos jugadores no se ubiquen en el equilibrio de Nash, entre los cuales puede estar el poder de negociación de cada integrante.

Lo mismo sucede con el 5.38% de los hogares del estado, en donde la madre de familia no trabaja y el padre trabaja tiempo completo y su equilibrio de Nash está en trabajar medio tiempo para la madre de familia y trabajar tiempo completo para el padre. Mientras que en el 2.79% de los hogares, donde la madre de familia trabaja medio tiempo y los padres tiempo completo, existe un equilibrio de Nash cuando ambos integrantes trabajan tiempo completo.

Los equilibrios de Nash presentes para el caso en donde el padre de familia no trabaja existen solo para el caso en el que la madre trabaja tiempo completo, pero en este caso únicamente están el 0.28% de los hogares.

La tabla A.9 muestra una serie de estadísticas descriptivas de las diferentes características socioeconómicas de los hogares de Nuevo León, que cuentan con un padre y una madre de familia.

En la tabla 3, se presentan los resultados de la regresión Logit de los hogares que toman decisiones equilibrio de Nash en función de las características socioeconómicas y la composición de los hogares.

Tabla 3
Razón de momios para los hogares que toman decisiones equilibrio de Nash (muestra completa)

Hogares que toman decisiones equilibrio de Nash	Razón de Momios	z
Área rural	0.529885	-4.12
Escolaridad del padre de familia	1.147651	9.65
Sexo del jefe de familia***	1.222024	0.62
Edad de la madre de familia	1.029166	6.24
Número de niños menores de 5 años	1.453556	4.44
Número de niños entre 6 y 10 años*	0.885564	-2.23
Número de hijos**	1.353281	1.72

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Nota: *variables significativas al 5%, **variables significativas al 10%, ***variable no significativa. El resto de las variables son significativas al 1%.

De acuerdo con los resultados, los hogares del área rural tienen una probabilidad menor que los de zonas urbanas de tomar decisiones equilibrio de Nash. Esto puede implicar que en los hogares de las áreas rurales, las decisiones del padre de familia no presenten una interdependencia con las de la madre, sino que él es quien toma las decisiones de manera independiente de las decisiones de la madre de familia. Por otro lado, los padres de familia

de los hogares ubicados en zonas rurales en promedio presentaron un nivel de utilidad mayor que las madres de familia.

La escolaridad del padre de familia aumenta la probabilidad de ubicarse en un equilibrio de Nash, lo que indica que conforme aumentan los años de escolaridad del padre de familia, es menos probable que la madre de familia incremente su oferta laboral, lo cual puede deberse a que a mayor nivel de escolaridad del padre, se recibe más ingreso en el hogar y las necesidades del hogar pueden ser cubiertas, en consecuencia, la madre no necesita trabajar.

Por otra parte, el sexo del jefe de familia no es una variable que tenga influencia para que el hogar tome decisiones equilibrio de Nash, más bien, eso se debe al problema respecto de quién está frente a la jefatura del hogar, ya que generalmente los hogares identifican al padre de familia con el jefe del mismo.

Conforme aumenta la edad de la madre de familia se incrementa la probabilidad de tomar este tipo de decisión. Esto puede explicarse debido a que una parte de los hogares que toman este tipo de decisión son de edad avanzada, por lo que más adelante se vuelve a estimar el modelo, pero eliminando este grupo de la muestra. La variable de la edad del padre de familia fue omitida porque presentaba correlación con la variable de la edad de la madre, debido a que generalmente las edades entre las parejas presentan cierta relación.

El número de hijos en el hogar aumenta la probabilidad de que los padres y madres de familia tomen una decisión equilibrio de Nash, sin embargo, al dividir a los hijos por grupos de edades, el número de hijos menores de 5 años aumentan la probabilidad de tomar este tipo de decisiones y lo contrario sucede con el número de hijos entre 6 y 10 años; es decir, conforme aumenta la edad de los hijos es más probable que la mujer decida integrarse al mercado laboral.

Lo anterior, responde a la razón de que los niños más pequeños necesitan más cuidados y, generalmente, el papel que desempeñan las mujeres en la familia hace que ellas sean las que dejen de trabajar y no los hombres; y dado que en los hogares donde se toman decisiones equilibrio de Nash, las mujeres no trabajan, se puede concluir que una parte importante de su deserción al trabajo es debido a su decisión de dedicar más tiempo al cuidado de los hijos pequeños. Además, al revisar la tabla 2, se observa que parte importante de los gastos del hogar se deben a la presencia de los niños entre 6 y 10 años, con lo cual se puede pensar que como estos integrantes requieren consumir más bienes, entonces para proveerlos, la madre de familia tendría que trabajar o reducir su nivel de consumo y, por lo tanto,

alejarse del equilibrio de Nash que mantiene con el padre. Por lo tanto, el número de niños entre 6 y 10 años provoca que la probabilidad de ubicarse en un equilibrio de Nash disminuya, es decir, aumenta la probabilidad de que la madre de familia se integre al mercado laboral.

Por otro lado, dado que un equilibrio de Nash involucra la participación activa de ambos integrantes, se concluye que la madre de familia participa en la toma de decisión de deserción al mercado laboral ante la presencia de niños menores de 5 años.

Al modelar lo mismo que en la tabla 3, pero eliminando a los hogares en los cuales ni el padre ni la madre de familia trabajan, se presentan resultados muy similares a los anteriores. En la tabla 4, se muestran los resultados de la ecuación Logit de los hogares que toman decisiones equilibrio de Nash, eliminando los hogares en los cuales ni el padre ni la madre de familia trabajan.

Los hogares pertenecientes a zonas rurales tienen una probabilidad menor de tomar decisiones equilibrio de Nash comparado con los hogares de zonas urbanas, sin embargo, la razón de momios es menor que la presente con todas las observaciones.

Tabla 4
Razón de momios para los hogares que toman decisiones equilibrio de Nash sin incluir los hogares en los que la madre y el padre de familia no trabajan

Hogares que toman decisiones equilibrio de Nash	Razón de Momios	z
Área rural	0.438569	-4.04
Escolaridad del padre de familia	1.185003	9.33
Sexo del jefe de familia***	1.800494	1.38
Edad de la madre de familia	0.992905	-3.17
Número de niños menores de 5 años	1.514473	3.45
Número de niños entre 5 y 10 años*	0.828193	-1.99
Número de hijos**	1.852911	1.84

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Nota: *variables significativas al 5%, **variables significativas al 10%, ***variable no significativa. El resto de las variables son significativas al 1%.

La variable de la escolaridad del padre presenta una razón muy similar a la de la tabla 3, al igual que las variables relacionadas con el número de hijos. Sin embargo, la variable del número de hijos tiene una razón de momios más

alta, lo que implica que al eliminar un grupo de los hogares, en donde en promedio el padre y la madre de familia tienen edades mayores, el número de hijos aumenta más la probabilidad de que en el hogar se tomen decisiones equilibrio de Nash entre el padre y la madre, o dicho de otra forma, que la mujer no trabaje.

Con respecto al sexo del jefe de familia, la variable continúa siendo no significativa, sin embargo, presenta un valor de z mayor que el de la tabla 3. Además, la variable de la edad de la madre de familia ahora tiene un coeficiente menor al que presentó anteriormente.

3.5.2 Mínimo bienestar posible para la madre de familia

Al construir la matriz de pagos de la figura 1, es posible comparar el nivel de utilidad actual con los diferentes niveles de utilidad a los que tanto el padre como la madre de familia se podrían enfrentar en caso de trabajar un número diferente de horas. Se analizaron los hogares en los cuales la madre de familia tiene el menor nivel de bienestar de las seis opciones posibles mostradas en la figura 1; es decir, una vez calculadas las utilidades de las seis casillas, estas se comparan con la utilidad obtenida en la decisión que se está tomando, y si esta es menor que todas, se considera que se recibe el menor nivel de bienestar posible, ya que en caso de encontrarse en cualquier otra situación estaría mejor comparado con su estado actual.

En el 15.28% de los hogares de Nuevo León, las madres de familia reciben el menor nivel de bienestar posible, de los cuales: el 76.71% son hogares donde la mujer no trabaja y el padre trabaja tiempo completo; el 9.10% son hogares donde la mujer trabaja medio tiempo y el padre tiempo completo, y el 14.19% son hogares donde ambos integrantes trabajan tiempo completo.

El caso de los hogares en los que ambos integrantes trabajan y la mujer recibe el menor nivel de utilidad posible, puede tener su causa en que a pesar de que aporta ingreso al hogar, no todo ese ingreso es destinado para su consumo, y a pesar de que su consumo aumenta por el mayor ingreso en el hogar, este no compensa la disminución de consumo de ocio que la madre de familia presenta.

Para el 9.10% de los hogares con el menor nivel de bienestar posible para la madre, en los cuales el padre de familia trabaja tiempo completo y la madre trabaja medio tiempo, es claro que en cualquier otro punto se encontrarían en una situación que le favoreciera más a la madre. Sin embargo, el 86.29% de estos hogares se encontraría mejor si no trabajara, comparado con la opción de trabajar tiempo completo; esto puede ser debido a que la distribución del consumo en el hogar no es muy favorecedor para las mujeres, y por lo tanto,

el mayor consumo generado del mayor nivel de ingreso no compensa la reducción de su ocio.

En la tabla 5, se muestra la razón de momios para los hogares en los que la madre recibe el menor nivel de utilidad posible.

Para este caso, resultó que la localización del hogar no tiene una influencia para que la mujer reciba el menor nivel de utilidad, es decir, la variable del área rural no es significativa. Generalmente, al comparar las condiciones de vida de las mujeres, las de las áreas rurales presentan menores niveles de vida debido principalmente a las mayores restricciones que enfrentan con respecto al acceso a servicios de salud, educación, oportunidades de desarrollo de capacidades, entre otros; sin embargo, la comparación del menor bienestar posible realizado en esta investigación es únicamente con respecto a las posibles situaciones que cada mujer podría enfrentar (dados sus recursos y limitaciones), y no se compara con las que enfrentan otras mujeres.

Tabla 5
Razón de momios para los hogares en los que la madre de familia recibe el menor nivel de utilidad posible

Hogares en donde la madre recibe el menor nivel de bienestar posible	Razón de Momios	z
Área rural***	0.712778	-1.24
Escolaridad del padre de familia**	0.969931	-1.67
Sexo del jefe de familia*	0.409591	-2.43
Edad de la madre de familia	0.965385	-5.37
Número de niños entre 5 y 10 años	1.500094	2.72
Número de niños mayores de 10 años	1.790081	4.83
Número de hijos	1.589367	4.35

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Nota: *variables significativas al 5%, **variables significativas al 10%, ***variable no significativa. El resto de las variables son significativas al 1%.

Aunque en el apartado anterior se mostró que en áreas rurales es menos probable que las mujeres no tengan una participación activa en la toma de decisiones de la oferta laboral, con estos resultados, se encuentra que a pesar de que el padre de familia toma decisiones autoritarias, estas no necesariamente llevan a la mujer a encontrarse en la peor situación posible, es decir, es probable que las decisiones laborales de los padres de familia de zonas rurales sean independientes de las preferencias de las madres de familia, pero dependientes del nivel de bienestar de ella.

Conforme aumenta el nivel de escolaridad del padre de familia, disminuye la probabilidad de que la mujer se encuentre en la peor situación posible. De igual forma, si el jefe de familia es hombre, disminuye la probabilidad de que el bienestar de la madre de familia sea el menor posible. Esto puede ser debido a que al no ser la madre de familia la responsable del hogar, no siente la responsabilidad y necesidad de disminuir sus horas de ocio tanto como si fuera la jefa del hogar, aunque como ya se mencionó, existe un problema en la declaración de la jefatura, ya que generalmente los hogares clasifican al padre de familia como el jefe del mismo.

El número de hijos provoca que la probabilidad de que la mujer obtenga el menor nivel de utilidad aumente, sobre todo conforme las edades de los hijos se incrementan.

3.5.3 Mínimo bienestar posible para el padre de familia

En el 18.33% del total de los hogares de Nuevo León, los padres de familia reciben el mínimo nivel de utilidad posible en los hogares. De ese porcentaje, el 64.40% son hogares en los que el padre de familia trabaja tiempo completo y la mujer no trabaja; el 7.65% corresponde a hogares en donde el padre de familia trabaja tiempo completo y la madre trabaja medio tiempo, y el 27.95% es para hogares en donde ambos trabajan tiempo completo.

En la tabla 6, se muestra la razón de momios para los hogares en los cuales el padre de familia recibe el menor nivel de utilidad posible.

Tabla 6
Razón de momios para los hogares en los que el padre de familia recibe el menor nivel de utilidad posible

Hogares en donde el padre recibe el menor nivel de bienestar posible	Razón de Momios	z
Área rural*	2.4352000	3.12
Escolaridad del padre de familia**	1.0241780	1.39
Edad de la madre de familia**	0.8823894	-1.28
Número de hijos**	0.9505316	-0.76

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Nota:

*variable significativa al 5%, **variables no significativas.

La única característica que resultó significativa, de los hogares en donde el padre de familia recibe el menor nivel de utilidad posible, fue la ubicación de los hogares, lo que implica que los hogares ubicados en zonas rurales tienen

mayores probabilidades de que el padre de familia tenga el menor nivel de bienestar posible.

Conclusiones

En este estudio, se analizaron las características distintivas de los hogares de Nuevo León de acuerdo con el tipo de decisión de oferta laboral de los padres y las madres de familia (equilibrio de Nash, mínimo nivel de bienestar para el padre de familia y mínimo nivel de bienestar para la madre de familia).

En el artículo, se presentó una propuesta metodológica para modelar las decisiones dentro del hogar y se adaptó una metodología para la separación del gasto de los hogares por integrante. Se encontró que las preferencias y los patrones de consumo de los integrantes del hogar, en particular de los padres y las madres de familia, varían de acuerdo con el nivel de presencia de cada miembro y según sus características socioeconómicas; adicionalmente, dado que los padres y madres de familia tienen preferencias distintas sobre las asignaciones de gasto y que las diferentes categorías de bienes y servicios les brindan distinto nivel de utilidad, es decir, el bienestar del hogar es afectado por los efectos distributivos del consumo, se rechazó la existencia del modelo unitario. Lo anterior permite cuantificar mejor los niveles de bienestar de los integrantes del hogar, a diferencia de la extensión del modelo neoclásico de Becker (unitario), que lleva a sobreestimar o subestimar el bienestar de todos los miembros del hogar, al generalizar las preferencias de todos los que integran el hogar.

Se encontró que la madre de familia no trabaja en todos los hogares donde las decisiones de oferta laboral del padre y la madre de familia resultaron equilibrio de Nash, por lo que si la madre decidiera trabajar provocaría que el resultado del proceso de la decisión no fuera un equilibrio. Por otro lado, otro grupo de la población, con mayor nivel de escolaridad promedio que el primero, y en donde la madre de familia no trabaja, se ubicaría en equilibrio de Nash si la mujer trabajara. Lo anterior abre el interés para futuras investigaciones en las que se busque encontrar evidencia estadística sobre la diferencia de comportamiento en dichos grupos de la población.

Los resultados del análisis indicaron que existen características de los hogares que impiden la incorporación de las madres de familia al trabajo remunerado, tales como la edad de la madre de familia, nivel de escolaridad del padre de familia y el número de niños menores de 5 años.

De acuerdo con los resultados, se puede concluir que la eliminación de la brecha salarial existente entre los hombres y las mujeres causaría un cambio importante en los diferentes niveles de bienestar y la elección de horas de trabajo. A su vez, es posible que el aumento en el salario recibido lleve a que las características socioeconómicas y la composición de los hogares pierdan importancia en las decisiones sobre las horas de trabajo, o a que el salario provoque cambios tanto en las características como en la composición del hogar. Sin embargo, esta reducción o eliminación de la brecha salarial es compleja, ya que aunque diversos estudios encuentran que la mayor participación de la mujer en el mercado laboral ayuda a la reducción en las brechas salariales entre los hombres y las mujeres, existe un problema de endogeneidad, ya que una parte importante de las causas de la menor participación de la mujer se basa en que percibe salarios más bajos.

Referencias

- Banks, J., Blundell, R. and A. Lewbel (1997). Quadratic Engel Curves and Consumer Demand. *The Review of Economics and Statistics*. 79(4), 527-539.
- Becker, G. S. (1964). *Human capital*. Nueva York: Columbia University Press.
- Becker, G. S. and R. J. Barro (1986). Altruism and the Economic Theory of Fertility. *Population and Development Review*. 12, 69-76.
- Blood, R. and D. Wolfe (1960). *Husbands and Wives: The Dynamics of Married Living*. Nueva York: Free Press.
- Blundell, R., Chiappori P. A., Magnac T. and C. Meghir (2007). Collective Labor Supply: Heterogeneity and Nonparticipation. *Review of Economic Studies*. 74, 417-445.
- Cantú, R. (2009). How do poor households face a food crisis? A demand analysis for Mexico: 2000 and 2006. (Tesis inédita de maestría). Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Chiappori, P. A., Browning, M. and V. Lechene (2004). Collective and unitary models: a clarification. *CAM Working Papers 2004-15*. University of Copenhagen. Centre for Applied Microeconometrics.
- Clark, A., Couprie, H. and C. Sofer (2002). Household Negotiation and Labor Supply: Evidence from the BHPS. *Institut d'Economie Publique IDEP Working Papers*. Recuperado de http://www.iza.org/en/papers/summerschool/5_couprie.pdf
- Couprie, H. (2007). Time allocation within the Family: Welfare implications of life in a couple. *The Economic Journal*. 117, 287-305.
- Deaton, A. (1997). *The Analysis of Household Surveys: A Microeconomic Approach to Development Policy*. Baltimore MD: Johns Hopkins University Press.

- Edwards, R. (2008). Savings and housing investments for non-unitary poor households in the Metropolitan Area of Monterrey (Tesis de maestría). Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Elster, J. (1989). Social Norms and Economic Theory. *Journal of Economic Perspectives*. 3(4), 99-117.
- Fearn, R. (1981). *Labor economics: the emerging synthesis*. Cambridge: Winthrop Publishers.
- Gammage, S. y M. Orozco (2008). El trabajo productivo no remunerado dentro del hogar: Guatemala y México. México, D.F.: Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe.
- Heckman, J. (1979). Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*. 47(1), 153-161.
- Hungerford, T. and G. Solon (1987). Sheepskin Effects in the Returns to Education. *Review of Economics and Statistics*. 69 (1), 175-177.
- Hurwicz, L. and H. Uzawa (1971). On the Integrability of Demand Functions (cap. 6). Nueva York: Harcourt Brace, Jovanovich.
- Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México (2007). Encuesta Nacional de Familia y Vulnerabilidad en México, 2006.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2004. Diseño muestral del estado de Nuevo León.
- Martínez, I. y G. Acevedo (2002). La brecha salarial en México frente al capital humano, discriminación y selección muestral. *Gaceta de Economía*. 8(15), 153-195.
- Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience and Earnings*. Nueva York: Columbia University Press.
- Nash, J. (1950). *Non cooperative games* (Tesis inédita de doctorado). Princeton University, Estados Unidos. Recuperado de <http://www.princeton.edu/>
- Phelps, Ch. (1997). *Health economics*. Cambridge: Addison-Wesley.
- Qian, N. (2005). Missing women and the price of tea in China: The effect of income on sex imbalance. Working Paper. Brown University.
- Sen, A. (1992). *Inequality reexamined*. Cambridge: Harvard University Press.
- Sen, A. (2001). *La desigualdad económica*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Anexos

Tabla A.1
Resultados de la estimación de salarios

Variables	Sin corrección de Heckman	Con corrección de Heckman
Años de escolaridad	0.0459496 (5.95)	0.0311516 (3.05)
Años adicionales a la primaria terminada	0.0006815 (4.16)	0.0347682 (2.09)
Años adicionales a la secundaria terminada	0.029861 (1.96)	0.0187198 (3.10)
Años adicionales a la preparatoria terminada	0.0239144 (1.99)	0.0071349 (1.12)
Años adicionales a profesional terminado	0.3324709 (7.95)	0.2956648 (2.47)
Años adicionales al postgrado terminado	0.4124103 (4.85)	-0.2969455 (-3.65)
Años de experiencia	0.0163423 (8.19)	0.0415331 (4.01)
Años de experiencia al cuadrado	-0.0001951 (-4.61)	-0.0006598 (-5.07)
Sexo	0.0929051 (5.34)	0.2375044 (4.53)
Escolaridad promedio de los miembros del hogar		-0.0118908 (-3.99)
Casado o en unión		-0.0015693 (-2.16)
Número de niños menores de 5 años		-0.0650603 (-2.46)
Número de niños entre 6 y 12 años		0.0552759 (5.84)
Edad promedio de los miembros del hogar		-0.0214586 (-3.84)
Ingreso del hogar (excluyendo el ingreso de la persona)		-2.55E-06 (-4.67)
Constante	2.280752 (42.23)	2.173753 (23.62)
Lambda de Mills		-3.465146 (-4.08)

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Tabla A.2
Parámetros del QUAIDS para los hogares de Nuevo León en 2004

Parámetro	Categoría	Coficiente	Desviación estándar	z
α (alfa)	Alimentos	0.4661195	0.0197757	23.57
	Salud	0.0312782	0.0081657	3.83
	Vivienda y Vestido	0.181948	0.0163626	11.12
	Transporte	0.0571395	0.0131754	4.34
	Educación	0.0122225	0.0107498	1.14
	Recreación y Otros	0.2512924	0.0128808	19.51
β (beta)	Alimentos	-0.0123777	0.0093457	-1.32
	Salud	-0.0030837	0.0039416	-0.78
	Vivienda y Vestido	0.0197137	0.0079121	2.49
	Transporte	0.0392824	0.0063126	6.22
	Educación	-0.0059858	0.005218	-1.15
	Recreación y Otros	-0.0375489	0.0059663	-6.29
γ (gamma)	Alimentos-Alimentos	0.0255651	0.0044502	5.74
	Salud-Alimentos	-0.0077928	0.0014402	-5.41
	Vivienda-Alimentos	-0.0106907	0.0023106	-4.63
	Transporte-Alimentos	-0.0207839	0.0020422	-10.18
	Educación-Alimentos	-0.0108751	0.0010637	-10.22
	Recreación-Alimentos	0.0245774	0.003685	6.67
	Salud-Salud	0.0149086	0.0008801	16.94
	Vivienda-Salud	-0.0006838	0.0009634	-0.71
	Transporte-Salud	-0.0002885	0.0008875	-0.33
	Educación-Salud	-0.0024695	0.0004596	-5.37
	Recreación-Salud	-0.003674	0.001228	-2.99
	Vivienda-Vivienda	0.014349	0.0022198	6.46
	Transporte-Vivienda	0.0041921	0.0016866	2.49
	Educación-Vivienda	-0.0075686	0.0008213	-9.22
	Recreación-Vivienda	0.000402	0.0020234	0.20
	Transporte-Transporte	0.0241206	0.0018733	12.88
	Educación-Transporte	-0.0008214	0.0007624	-1.08
	Recreación-Transporte	-0.0064188	0.0017249	-3.72
	Educación-Educación	0.0302817	0.0006954	43.55
	Recreación-Educación	-0.0085471	0.0008473	-10.09
	Recreación-Recreación	-0.0063395	0.0008309	-7.63
λ (lambda)	Alimentos	-0.0066084	0.0011677	-5.66
	Salud	0.0009537	0.0005038	1.89
	Vivienda y Vestido	0.000123	0.0010045	0.12
	Transporte	-0.0038524	0.0007899	-4.88
	Educación	0.0021908	0.0006581	3.33
	Recreación y Otros	0.0071932	7.63E-04	9.43

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Tabla A.3
Elasticidades precio cruzadas de la demanda de los hogares

Categoría	Alimentos	Salud	Vivienda y vestido	Transporte	Educación	Recreación y Otros
Alimentos	-0.6149	-0.0123	-0.0420	-0.0053	-0.0056	-0.0109
Salud	-0.1923	-0.4073	-0.2235	-0.4389	-0.1509	-1.0187
Vivienda y vestido	-0.0667	-0.0061	-0.9615	0.0285	-0.0400	-0.2822
Transporte	-0.1088	0.0015	0.0520	-0.8192	0.0057	-0.1808
Educación	-0.2565	-0.0488	-0.1880	-0.0788	-0.8102	-0.4253
Recreación y Otros	0.0329	-0.0310	-0.0726	-0.0967	-0.0819	-1.1410

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Nota 1. Para la construcción de la tabla se utilizaron datos promedio de los hogares de Nuevo León.

Tabla A.4
Relación del gasto de las diferentes categorías con las características socioeconómicas y número de integrantes del hogar

Variable	Alimentos	Educación	Salud	Vivienda	Transporte	Recreación y Otros
Número de niños menores de 5 años	48.9703 (3.04)	609.8173 (2.85)	107.3384 (4.20)	171.9663 (2.5)*	117.0509 (1.07)***	116.0971 (0.96)***
Número de niños entre 5 y 10 años	91.1999 (2.05)*	1074.5841 (10.16)	171.6571 (2.01)*	766.7374 (3.19)	352.4911 (1.38)***	46.8950 (2.01)*
Número de niños entre 10 y 18 años	236.1250 (9.11)	819.5295 (11.86)	53.3403 (4.59)	338.6907 (9.74)	381.1100 (5.7)	62.8793 (3.97)
Número de mujeres adultas	209.2607 (4.24)	445.7447 (2.65)	89.6771 (2.19)*	625.8390 (4.52)	424.2619 (3.06)	170.5937 (4.38)
Número de hombres adultos	142.8163 (2.64)	191.1516 (3.44)	29.2860 (2.25)*	209.7546 (4.01)	535.0459 (10.86)	175.7315 (4.60)
Precio de los Alimentos	---	-48.1785 (-1.91)**	45.0794 (1.02)***	-34.3749 (-2.99)	-623.8343 (-5.67)	-246.6105 (-2.49)
Precio de la Educación	-0.1589 (-2.31)*	---	-0.2801 (-2.95)	-1.2052 (-13.58)	-0.8933 (-10.76)	-0.1921 (-2.55)
Precio de la Salud	0.4961 (0.51)***	-2.1893 (-0.79)***	---	-12.4953 (-9.86)	-7.0865 (-5.97)	2.3315 (1.17)***
Precio de la Vivienda	0.2903 (1.07)***	1.5359 (2.11)*	0.9225 (2.35)*	---	0.9691 (14.09)	-0.8859 (-2.99)
Precio del Transporte	-0.3811 (-1.82)**	-1.7030 (-3.01)	-0.5656 (-1.86)**	0.1317 (2.32)*	---	-1.3190 (-5.77)
Precio de Recreación y Otros	15.1512 (1.89)**	90.9029 (0.77)***	11.9822 (1.00)***	-3.1881 (-0.31)***	-5.2560 (-5.23)	---
Ingreso del hogar	0.0420 (16.02)	0.1290 (20.02)	0.0441 (11.97)	0.4215 (14.26)	0.2382 (25.65)	0.2088 (72.21)
Edad del padre	12.8640 (3.57)	-37.7366 (-4.33)	3.5395 (0.84)***	-7.3118 (-2.13)	-11.3674 (-3.46)	10.5625 (3.63)
Escolaridad de la madre	34.8073 (4.16)	172.0899 (8.83)	28.0254 (2.71)*	77.6809 (8.95)	-34.3789 (-4.18)	21.7449 (2.95)
Condición de aseguramiento	---	---	-209.4194 (-2.21)*	---	---	---
Constante	405.8957 (3.40)	-73.9540 (-6.24)	-163.1670 (-5.22)	123.2020 (4.70)	136.8420 (5.34)	-733.0795 (-3.34)

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Nota. * Variables significativas al 5%. ** Variables significativas al 10%. ***Variable no significativa. El resto de las variables son significativas al 1%.

Tabla A.5
Parámetros del QUAIDS para las madres de familia de Nuevo León en 2004

Parámetro	Categoría	Coefficiente	Desviación estándar	z
α (alfa)	Alimentos	0.2723026	0.0472029	5.77
	Salud	0.0356572	0.0122092	2.92
	Vivienda y Vestido	0.1018840	0.0289955	3.51
	Transporte	0.0626674	0.0214547	2.92
	Educación	0.0955212	0.0350107	2.73
	Recreación y Otros	0.1284640	0.0285604	4.50
	Ocio	0.3035036	0.0179017	16.95
β (beta)	Alimentos	0.0151149	0.0067791	2.23
	Salud	0.0039115	0.0008071	4.85
	Vivienda y Vestido	0.0386275	0.0140811	2.74
	Transporte	0.0262561	0.0098230	2.67
	Educación	-0.0347084	0.0168692	-2.06
	Recreación y Otros	0.0100102	0.0043127	2.32
	Ocio	-0.0592118	0.0066721	-8.87
γ (gamma)	Alimentos-Alimentos	0.0795193	0.0058548	13.58
	Salud-Alimentos	-0.0068415	0.0018189	-3.80
	Vivienda-Alimentos	-0.0085635	0.0027882	-3.07
	Transporte-Alimentos	-0.0116078	0.0021973	-5.28
	Educación-Alimentos	0.0035075	0.0027425	1.30
	Recreación-Alimentos	-0.0063568	0.0036449	-1.74
	Ocio-Alimentos	-0.0496572	0.0041692	-11.91
	Salud-Salud	0.0126356	0.0207592	0.61
	Vivienda-Salud	-0.0001820	0.0000270	-6.74
	Transporte-Salud	-0.0023112	0.0009866	-2.34
	Educación-Salud	-0.0012939	0.0008278	-1.56
	Recreación-Salud	0.0006046	0.0012307	0.49
	Ocio-Salud	-0.0026114	0.0007641	-3.42
	Vivienda-Vivienda	0.0156285	0.0035221	4.44
	Transporte-Vivienda	0.0063751	0.0023928	2.66
	Educación-Vivienda	-0.0046403	0.0020808	-2.23
	Recreación-Vivienda	-0.0011832	0.0021961	-0.54
	Ocio-Vivienda	-0.0074346	0.0018524	-4.01
	Transporte-Transporte	0.0196345	0.0021530	9.10
	Educación-Transporte	-0.0001974	0.0014287	-0.14
	Recreación-Transporte	-0.0047729	0.0019004	-2.51
	Ocio-Transporte	-0.0071202	0.0017081	-4.17
	Educación-Educación	0.0121819	0.0026008	4.68
	Recreación-Educación	-0.0021422	0.0017367	-1.23
	Ocio-Educación	-0.0074157	0.0019080	-3.89
	Recreación-Recreación	0.0252885	0.0036905	6.85
	Ocio-Recreación	-0.0114380	0.0019972	-5.73
	Ocio-Ocio	0.0628011	0.0072417	8.67
λ (lambda)	Alimentos	-0.0053175	0.0018538	-2.87
	Salud	-0.0001774	0.0000551	-3.22
	Vivienda y Vestido	-0.0010027	0.0002800	-3.58
	Transporte	-0.0022160	0.0010949	-2.02
	Educación	0.0061445	0.0015049	4.08
	Recreación y Otros	0.0009837	0.0007789	1.26
	Ocio	0.0025854	0.0013260	1.95

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Tabla A.6
Parámetros del QUAIDS para los padres de familia de Nuevo León en 2004

Parámetro	Categoría	Coefficiente	Desviación	z
α (alfa)	Alimentos	0.2426843	0.0470054	5.16
	Salud	0.0302493	0.0130232	2.32
	Vivienda y Vestido	0.0723472	0.0203543	3.55
	Transporte	0.1098215	0.0618039	1.78
	Educación	0.2406186	0.1080322	2.23
	Recreación y Otros	0.0770186	0.0199256	3.87
	Ocio	0.2272604	0.0189843	11.97
β (beta)	Alimentos	0.0155313	0.0041724	3.72
	Salud	0.0031863	0.0010301	3.09
	Vivienda y Vestido	0.0080552	0.0027503	2.93
	Transporte	-0.0048292	0.0024299	-1.99
	Educación	-0.0761613	0.0192630	-3.95
	Recreación y Otros	0.0044200	0.0018561	2.39
	Ocio	0.0497976	0.0096340	5.17
γ (gamma)	Alimentos-Alimentos	0.0624478	0.0054982	11.36
	Salud-Alimentos	-0.0004963	0.0001194	-4.16
	Vivienda-Alimentos	-0.0013531	0.0001976	-6.84
	Transporte-Alimentos	0.0004496	0.0001409	3.19
	Educación-Alimentos	0.0051343	0.0013793	3.72
	Recreación-Alimentos	0.0084492	0.0023187	3.64
	Ocio-Alimentos	-0.0746316	0.0077806	-9.59
	Salud-Salud	0.0069308	0.0013803	5.02
	Vivienda-Salud	0.0015226	0.0006943	2.19
	Transporte-Salud	-0.0004236	0.0004877	-0.87
	Educación-Salud	0.0004910	0.0002051	2.39
	Recreación-Salud	0.0026592	0.0010892	2.44
	Ocio-Salud	-0.0106839	0.0031506	-3.39
	Vivienda-Vivienda	0.0132651	0.0018250	7.27
	Transporte-Vivienda	0.0084036	0.0012593	6.67
	Educación-Vivienda	-0.0001699	0.0054330	-0.03
	Recreación-Vivienda	0.0031816	0.0012865	2.47
	Ocio-Vivienda	-0.0248499	0.0044693	-5.56
	Transporte-Transporte	0.0124431	0.0013118	9.49
	Educación-Transporte	-0.0017833	0.0003911	-4.56
	Recreación-Transporte	-0.0000940	0.0000116	-8.08
	Ocio-Transporte	-0.0189954	0.0031885	-5.96
	Educación-Educación	-0.0103984	0.0088209	-1.18
	Recreación-Educación	0.0011568	0.0050223	0.23
	Ocio-Educación	0.0055695	0.0116883	0.48
	Recreación-Recreación	0.0174174	0.0022238	7.83
	Ocio-Recreación	-0.0327703	0.0047333	-6.92
	Ocio-Ocio	0.0908210	0.0108281	8.39
λ (lambda)	Alimentos	-0.0021365	0.0004213	-5.07
	Salud	-0.0000632	0.0000386	-1.63
	Vivienda y Vestido	0.0002501	0.0000679	3.68
	Transporte	-0.0009448	0.0004843	-1.95
	Educación	0.0050054	0.0010512	4.76
	Recreación y Otros	0.0008485	0.0007549	1.12
	Ocio	-0.0048491	0.0016864	-2.88

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Tabla A.7
Elasticidades precio cruzadas de la demanda de las madres de familia

Categoría	Alimentos	Salud	Vivienda y vestido	Transporte	Educación	Recreación y Otros	Ocio
Alimentos	-0.0941 (0.493990)	-0.0372 (3.005185)	-0.0364 (1.361894)	-0.0012 (0.597443)	-0.1082 (2.294995)	-0.1037 (0.239244)	-0.2725 (0.056185)
Salud	-0.7504 (0.141331)	-0.3407 (0.328624)	-0.0336 (0.034849)	-0.2621 (0.107649)	-0.1596 (0.697344)	-0.3941 (0.015799)	-0.3314 (0.003332)
Vivienda y vestido	-0.1376 (0.589391)	-0.0121 (0.390472)	-0.8698 (0.661895)	0.0309 (1.390061)	-0.0855 (4.493586)	-0.0584 (0.146298)	-0.1725 (0.014874)
Transporte	-0.1706 (0.178782)	-0.0331 (2.070789)	0.1447 (1.582987)	-0.8698 (1.661183)	0.0050 (2.419239)	-0.1580 (0.185489)	-0.0917 (0.012102)
Educación	-0.3268 (0.216060)	-0.1489 (1.933570)	-0.5930 (1.639257)	-0.4056 (0.484900)	-0.7898 (0.984671)	-0.2375 (0.058088)	0.2384 (0.002043)
Recreación y Otros	-0.1629 (0.246910)	-0.0071 (0.745660)	-0.0790 (0.188673)	-0.1288 (0.125992)	-0.0757 (2.263484)	-1.6989 (0.511215)	-0.2876 (0.013152)
Ocio	-0.0723 (1.214846)	-0.0029 (3.875336)	-0.0080 (3.687476)	-0.0072 (0.825698)	-0.0065 (2.945906)	-0.0246 (0.492437)	-0.8892 (0.680548)

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Nota 1. Desviación estándar entre paréntesis.

Nota 2. Para la construcción de la tabla se utilizaron datos promedio de los hogares de Nuevo León.

Tabla A.8
Elasticidades precio cruzadas de la demanda de los padres de familia

Categoría	Alimentos	Salud	Vivienda y vestido	Transporte	Educación	Recreación y Otros	Ocio
Alimentos	-0.3020 (0.492826)	0.0123 (0.416611)	0.0397 (0.139915)	0.0616 (0.099662)	0.0904 (0.217177)	0.0774 (0.161052)	-0.6822 (0.070298)
Salud	-0.1023 (0.018888)	-0.2713 (0.331869)	0.1330 (0.256989)	-0.0795 (0.055546)	0.0124 (0.139658)	0.2308 (0.054937)	-1.1525 (0.009210)
Vivienda y vestido	-0.0545 (0.063773)	0.0086 (0.670148)	-0.8823 (0.792842)	0.0630 (0.710290)	-0.0262 (0.733753)	0.0286 (0.060748)	-0.2807 (0.020036)
Transporte	-0.0734 (0.070708)	-0.0227 (0.562856)	0.0988 (1.330639)	-0.8351 (1.216122)	-0.0696 (0.416125)	-0.0102 (0.031418)	-0.3689 (0.017947)
Educación	-0.2163 (0.111117)	-0.0589 (0.380173)	-0.2418 (0.292106)	-0.3060 (0.075425)	-1.4747 (1.554379)	0.0245 (0.033223)	0.3999 (0.024531)
Recreación y Otros	0.0270 (0.318026)	0.0204 (2.896711)	-0.0095 (0.644995)	-0.0625 (0.029226)	-0.0349 (0.073117)	-1.7571 (1.411672)	-0.5111 (0.033839)
Ocio	-0.0898 (1.863348)	-0.0116 (0.999810)	-0.0232 (1.556564)	-0.0130 (2.796260)	0.0193 (3.756768)	-0.0520 (1.052816)	-0.8443 (0.559679)

Fuente: cálculos propios con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Nota 1. Desviación estándar entre paréntesis.

Nota 2. Para la construcción de la tabla se utilizaron datos promedio de los hogares de Nuevo León.

Tabla A.9
Estadísticas descriptivas de los hogares de Nuevo León en donde hay un padre y una madre de familia de acuerdo al tipo de decisión tomada, 2004

Variable	Total	Equilibrio de Nash	Mínimo bienestar posible para la madre de familia	Mínimo bienestar posible para el padre de familia
Porcentaje de hogares en zonas rurales	6.11%	3.75%	3.86%	6.19%
Años de escolaridad del padre de familia	10.64	10.88	11.37	10.97
Años de escolaridad de la madre de familia	10.35	9.35	11.81	10.72
Porcentaje de hogares en los que la madre de familia trabaja	33.90%	0.00%	23.29%	35.60%
Porcentaje de hogares en los que el padre de familia trabaja	88.49%	76.14%	100.00%	100.00%
Porcentaje de hogares en los que el jefe de familia es hombre	97.63%	97.97%	95.58%	97.84%
Edad promedio de la madre de familia	41.67	44.33	38.89	39.55
Edad promedio del padre de familia	44.64	47.62	41.56	42.23
Número de niños en el hogar menores de 5 años	0.42	0.41	0.36	0.46
Número de niños en el hogar entre 6 y 10 años	0.41	0.32	0.43	0.45
Número de niños en el hogar entre 11 y 17 años	1.13	1.14	1.17	1.11
Porcentaje de hogares con algún tipo de seguridad social	55.81%	48.81%	74.77%	62.00%
Porcentaje de hogares que cuentan con piso de material firme	92.36%	93.43%	93.71%	91.94%
Porcentaje de hogares que cuentan con acceso a agua potable	93.78%	95.81%	94.54%	93.23%

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Valuación económica de proyectos energéticos mediante opciones reales: el caso de energía nuclear en México

Francisco Álvarez Echeverría*

Pablo López Sarabia**

Francisco Venegas-Martínez***

Fecha de recepción: 03 XII 2010

Fecha de aceptación: 23 III 2011

Resumen

En este trabajo, se compara la viabilidad financiera de distintas tecnologías para la generación de electricidad, utilizando la metodología de opciones reales. El análisis muestra que la generación de energía eléctrica a partir de plantas nucleares resulta más atractiva económica y ambientalmente que otras energías renovables y limpias. Asimismo se destaca que una alternativa viable para que México alcance su independencia energética en el mediano y largo plazo podría ser la generación de energía a través de plantas nucleares, con lo cual se mitigaría la volatilidad extrema en los precios de los combustibles fósiles proveniente de saltos en la demanda y el agotamiento de los yacimientos en aguas someras.

Palabras Clave: Energía nuclear, opciones reales, valuación de proyectos y combustibles fósiles.

Clasificación JEL: G1, G13, G31 y O32.

Abstract

This paper, based on the methodology of real options, compares the financial viability of various technologies for generating electricity. It is shown that the generation of electricity from nuclear plants is economically and environmentally more attractive than other renewable and clean energy. It is also emphasized that a viable alternative for Mexico to reach energy independence in the medium and long term could be electricity generation

* Profesor de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Correo electrónico: franlve@yahoo.com.mx

**Área de Estudios Económicos de Banamex. Correo electrónico: lopez_sarabia@hotmail.com

***Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: fvenegas@ipn.mx

with nuclear power plants in order to mitigate the extreme price volatility of fossil fuels from jumps in demand and the depletion of shallow-water fields.

Keywords: Nuclear energy, real options, valuation of projects, and fossil fuels.

JEL Classification: G1, G13, G31 and O32.

Introducción

En los últimos años, la política energética ha resultado ser un tema prioritario dentro del panorama estratégico mundial. La infraestructura energética de muchos países se basa en el consumo masivo de combustibles fósiles no renovables, cuyo agotamiento obliga a la búsqueda de alternativas energéticas viables económica y ambientalmente sustentables a fin de alcanzar una independencia energética a través de tecnologías limpias y bajas en consumo de carbón. La utilización de los combustibles fósiles (hidrocarburos y gas principalmente) ha provocado la degradación y alteración de diversos ecosistemas, debido a las emisiones contaminantes que son generadas durante el proceso de producción o utilización de energía. La independencia energética implica la planeación y evaluación de fuentes alternas de energía que permitan un desarrollo sustentable en todos los sectores de la economía, así como una mayor diversificación de la matriz energética de nuestro país que impulse las energías renovables y limpias en los procesos productivos.

Si se considera que la infraestructura energética de la gran mayoría de los países se basa en el consumo masivo de combustibles fósiles que son recursos no renovables, entonces, se hace necesario la búsqueda de tecnologías alternativas viables y limpias con el objeto de obtener una independencia energética que permita suplir la demanda, sin comprometer sectores económicos estratégicos. La discusión sobre la viabilidad económica, ambiental y social de la energía nuclear ha cobrado actualidad en México, ya que en 2010 se cumplieron 21 años de la puesta en operación de la planta núcleo-eléctrica de Laguna Verde en el Estado de Veracruz. Además de que los precios alcanzados por los combustibles fósiles en el 2010, como resultado de especulaciones y conflictos armados, muestran lo vulnerable que son las economías (desarrolladas y en vías de desarrollo) a estas fluctuaciones tan severas. También es importante destacar que el tsunami que afectó a Japón en el primer trimestre del 2011, provocando una falla en la planta nuclear de Fukushima Daiichi, ha puesto en tela de juicio la seguridad de las plantas núcleo-eléctricas, y mucho se espera en cuanto a cambios técnicos en el manejo del riesgo operativo.

Diversos hechos han impactado la apreciación del valor de los hidrocarburos. Por ejemplo: el embargo petrolero por parte de la OPEP en 1973; la crisis del precio de los hidrocarburos en 2009, que disparó el precio del barril de petróleo por arriba de los 150 dólares; el derrame petrolero en las costas del Golfo de México, uno de los peores accidentes ambientales de la historia y que sin lugar a dudas comprometerá las exploraciones de crudo en aguas profundas; y, por último, los recientes conflictos armados y políticos en Medio Oriente.

En el caso de México, uno de los aspectos más importantes, que explican el incremento de los precios de los combustibles, es la caída de la producción de petróleo por parte de la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) con el agotamiento de Cantarell, uno de los principales yacimientos en aguas someras del país, situación que explica la caída en la producción de los últimos años. Por lo anterior, México debería contemplar el desarrollo de energías alternas como: biomasa, energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía nuclear, entre otras. La primera requiere de consumos altos de productos básicos alimenticios o de grandes cantidades de insumos de origen vegetal (que no necesariamente pueden ser fuentes alimenticias primarias para el ser humano) que están experimentando un alza en su precio, debido al incremento de la población y al efecto sustitución que se da entre el mercado agrícola y energético.

La energía solar se presenta como una alternativa viable, con el inconveniente de que la eficiencia de captación no supera el 20% y la fragilidad de las fotoceldas encarecen dichos proyectos. En ese sentido, resulta importante mencionar que actualmente se consideran algunos proyectos bajo dicha tecnología; no obstante, Comisión Federal de Electricidad (2007) apunta que “No se espera que durante los próximos años los precios de la energía eléctrica generada con celdas fotovoltaicas pueda ser completamente competitiva con los precios de la energía generada con tecnologías convencionales; sin embargo, sí podría serlo con los precios de la electricidad al menudeo en regiones cálidas y con alta incidencia solar, o bien en zonas aisladas y en aquellas donde el costo de transmisión y distribución de energía eléctrica impide proporcionar el servicio...”, cabe señalar que en México existe la superficie necesaria para la implementación de este tipo de tecnología; sin embargo, no se ha incursionado en la producción de este tipo de alternativas a gran escala, ya que solo se cuenta con una capacidad instalada de generación de 25 megawatts (MW), cantidad poco significativa en la matriz energética del país.

Tabla 1
Niveles de afectaciones de las tecnologías de generación eléctrica al ambiente y a la salud humana

Tecnología de generación	Calentamiento global	Sustancias carcinógenas	Acidificación
Carbón mineral	55%	13%	48%
Petróleo	22%	83%	47%
Gas natural	22%	3%	5%
Hidráulica	0%	0%	0%
Eólica	1%	0%	0%
Nuclear	0%	0%	0%

Fuente: Bazán-Perkins (2005) y APPA (2002).

Nota: se considera solamente la producción de emisiones y no los residuos generados.

La energía eólica presenta diversos beneficios como son: tecnologías no contaminantes y fuentes seguras; sin embargo, ambas están sujetas a un tipo específico de condiciones atmosféricas, además de influir en la mortandad de aves e insectos dentro de los ecosistemas, y esto sin considerar que en algunos lugares, como en España, este tipo de tecnologías no ha resultado ser rentable a largo plazo ni a gran escala.

A pesar de que se espera que en México la energía eólica tenga una tasa de crecimiento del 4.4% en los próximos años, a raíz de las inversiones de Iberdrola y Siemens en los parques eólicos en Tamaulipas, Oaxaca y Guanajuato, ello es insuficiente para las necesidades del país, ya que toda la energía eólica solo aportó el 0.15% de la capacidad instalada en 2010.

La energía geotérmica, al igual que la eólica, requiere de la existencia de condiciones geológicas particulares (aguas termales entre 150 y 400°C a poca profundidad). Además, es relevante mencionar que dicha tecnología puede generar contaminación por arsénico y amoníaco, principalmente en mantos acuíferos. En suma, la contribución de la energía geotérmica es del 1.66% de la capacidad eléctrica instalada en 2010.

Asimismo, es importante señalar que la aportación de tecnológicas limpias como la eólica, minihidráulica, geotérmica y biomasa suman 3.31% de la matriz energética en 2010, muy alejado de la meta propuesta para 2025, que contempla el que las energías limpias representen un 35% de la generación eléctrica; por lo que se llega a concluir que, la única posibilidad real de alcanzar dicha meta es utilizando la energía nuclear; esto es así, con mayor razón, si se tiene en cuenta que a lo largo de 2010 la inversión privada en

energías renovables fue de solo 1,503 millones de pesos, para un total de 6 proyectos.

En lo referente a la energía nuclear, esta se puede vislumbrar como una alternativa viable económicamente, y que está encaminada a lograr una mayor independencia energética en relación con los combustibles fósiles. Usualmente, a la generación de energía mediante el uso de reactores nucleares se le atribuyen efectos perjudiciales, tanto para el ser humano como para el equilibrio de los ecosistemas; como ocurrió recientemente en la planta nuclear de Fukushima Daiichi, en Japón. Sin embargo, todo tipo de fuente alterna de energía conlleva e implica un impacto directo o indirecto en el entorno. La núcleo-electricidad no es ajena al impacto ambiental, ya que elimina algunas de las externalidades de las otras alternativas energéticas pero introduce otras diferentes. En particular, esta no emite dióxido de azufre, partículas, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles o gases que contribuyen al efecto invernadero. La cadena completa de la energía núcleo-eléctrica, desde la extracción de los recursos hasta la disposición final de los desechos, incluida la construcción del reactor y de la instalación, emite de 2 a 6 gramos de carbono equivalente por kilovatio-hora (gCeq/kWh); esto representa casi lo generado por la energía eólica y solar, incluida la construcción y la fabricación de componentes.

Es importante señalar que los reactores de tercera generación tienen mayores medidas de seguridad y mejor confinamiento de materiales radioactivos, ya que se cuenta con procesos de tratamiento de residuos denominados “reprocesamiento”, que permiten la recuperación de plutonio, del uranio que se usa en los reactores comerciales, para volverlo a utilizar como combustible (óxidos mixtos de plutonio), aunque se debe advertir que esta tecnología requiere de una mejor infraestructura y recursos humanos altamente capacitados como es el caso del Japón, aunque es claro que la crisis en la planta nuclear de Fukushima Daiichi pone en duda la capacidad técnica y operativa, y esto será coyuntural en el futuro, ya que el director del máximo órgano rector de la energía nuclear en el nivel mundial, es japonés.

Con respecto a los costos de producción de energía a base de núcleo-eléctricas, Bazán-Perkins (2005) y el US Nuclear Energy Institute¹ muestran que, en los Estados Unidos, la energía nuclear se presenta como una opción viable en la generación de energía eléctrica en contra de los altos costos de producción, en donde se involucran gas e hidrocarburos. En México, la inversión para la expansión de la capacidad de generación eléctrica instalada requerirá en los próximos años una gran cantidad de recursos económicos, con el objeto de cubrir la creciente demanda del servicio en el nivel nacional.

¹ <http://www.nei.org/resourcesandstats/graphicsandcharts/generationstatistics/>

En el ámbito mundial, en octubre de 2009, según la Secretaría de Energía (2008) se encontraban en construcción 53 reactores con capacidad total de 47,223 megawatts eléctrico (MWe). Sobresale Rusia, en donde se construyen 9 reactores presurizados con una capacidad conjunta de 6,894 MWe; en China se construyen 16 con 15,200 MWe y en Corea del Sur e India, 6 reactores con capacidad de 6,520 MWe y 2,910 MWe, respectivamente. La mayoría de los reactores que están en construcción (26 unidades), son del tipo de reactor de agua presurizado (PWR). El resto corresponde a reactores de agua pesada presurizado (PHWR), reactores de agua hirviendo (BWR), reactores de agua hirviendo avanzados (ABWR) y reactores rápidos de cría (FBR).

En el caso de México, actualmente se cuenta con la núcleo-eléctrica de Laguna Verde, la cual tiene dos reactores, cada uno con capacidad de 682.5 megavattios que representan el 2.3% de la capacidad nacional de generación eléctrica; de acuerdo con la Secretaría de Energía (2008), las proyecciones de la Comisión Federal de Electricidad sugieren la necesidad de construir 10 plantas nucleares en 20 años, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ampliar la oferta de energía renovables. Mientras que según las cifras que proporciona la Estrategia Nacional de Energía, la inversión requerida por una planta núcleo-eléctrica (con una vida útil de 35 años) consiste en poco más de 5,000 millones de dólares; por lo que otras tecnologías, en principio, parecen ser más económicas: ciclo combinado, de 973 millones de dólares; hidroeléctrica, de 2,000 millones de dólares; carboeléctrica, de 2,323 millones de dólares; geotermoeléctrica, de 2,169 millones de dólares; eoleoeléctrica, de 2,360 millones de dólares y turbotas, de 650 millones de dólares. En la elección de la mejor tecnología para la generación de electricidad, no solo deben ser considerados los costos de instalación, sino también la flexibilidad de los proyectos en el largo plazo, por lo que se propone su valuación mediante el uso de las opciones reales, las cuales consideran la flexibilidad (opcionalidad) de expansión a través del tiempo. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo es desarrollar una metodología alterna a la valuación tradicional de proyectos de inversión, incorporando una opción financiera que permita valorar la expansión o el abandono de un proyecto (técnica de opciones reales) y, con base en ello, determinar la viabilidad económica de las diversas tecnologías energéticas que utilizan combustibles fósiles, versus las tecnologías limpias y bajas en carbón.

1. Valuación de proyectos con opciones reales

La metodología de valuación financiera de proyectos de inversión, mediante la utilización de opciones reales, se ha convertido en una herramienta importante para la toma de decisiones en proyectos de inversión o estrategias de negocios, cuando existe la flexibilidad (opcionalidad) de tomar hacia el futuro nuevas decisiones, que estarían relacionadas con dichos proyectos o estrategias, como pueden ser: la extensión o el abandono de un proyecto. Lo que significa que la metodología de opciones reales, en términos generales, es la aplicación de las técnicas de valuación de opciones financieras a la valuación de proyectos de inversión y estrategias de negocios, cuando existe la flexibilidad de tomar en el futuro nuevas decisiones relacionadas con dichos proyectos y estrategias. De igual manera que en las opciones financieras, el valor de una opción real aumenta con el tiempo de maduración y con la volatilidad subyacente. Esto implica que la flexibilidad de tomar nuevas decisiones en un futuro próximo o lejano, tiene un valor mayor cuando el horizonte de planeación aumenta o cuando hay mayor incertidumbre sobre los resultados esperados. En consecuencia, es imprescindible utilizar métodos más eficaces que permitan la flexibilidad en el manejo futuro de las inversiones. Mediante el criterio del valor presente neto (VPN), un proyecto nuevo o una nueva estrategia se acepta o se rechaza hoy, si $VPN > 0$ o $VPN < 0$, respectivamente, y no existe otra posibilidad. Una vez que un proyecto es aceptado con este criterio, rígido y estático, los planes de inversión no se modifican, es decir, la inversión es irreversible. Por otro lado, bajo el criterio del VPN no se puede valorar hoy la posibilidad (opcionalidad) de que, si el entorno de negocios y el ambiente económico son favorables dentro de un cierto número de años, un proyecto o estrategia pueda expandirse.

Las metodologías tradicionales de valuación de proyectos como el VPN (Valor Presente Neto), el FED (Flujos de Efectivo Descontados) y la TIR (Tasa interna de Retorno), no contemplan flexibilidad en el proyecto. En la actualidad, existen muchas empresas que utilizan prácticas y sistemas sofisticados de presupuesto de capital, en donde el método del FED ha dejado de ser exclusivo para el cálculo y análisis de la incertidumbre financiera (véase, Miller y Waller, 2003 y Chatterjee, Wiseman, Fiegenbaum y Devers, 2003); dado que dicho análisis resulta ser lineal y estático por naturaleza, según Duku-Kaakyire y Nanang (2004). También en el método VPN subyace la idea de que un proyecto es factible si la empresa puede explotar una ventaja competitiva temporalmente, en ausencia de arbitraje (Lander y Pinches, 1998). De igual manera, el VPN presenta la desventaja de que algunas opciones posibles de inversión futura podrían quedar latentes, sin tomar en cuenta su valor estratégico a través del tiempo (MacDougall y Pike, 2003). Cuando se utilizan las técnicas tradicionales de valuación de

proyectos antes mencionadas, estas son incapaces de administrar decisiones futuras en los planes de inversión (Lander y Pinches, 1998); y por ello, algunos autores consideran que el tiempo óptimo de la adopción tecnológica puede ser representado mediante un modelo de irreversibilidad en la inversión, en donde el VPN resulta ser una solución subóptima (Doraszelsky, 2001).

1.1. Opciones financieras e inversión

Una opción es un contrato entre dos partes en donde una de ellas adquiere sobre la otra el derecho, más no la obligación, de comprar o de vender una cantidad determinada de un activo a un cierto precio y en un momento futuro. Las opciones negociadas son habitualmente sobre contratos de futuros o sobre acciones, y tienen, en general, la característica de ser de tipo americano, es decir, se pueden ejercer desde cualquier momento hasta la fecha de vencimiento, utilizando el precio de cierre del subyacente, futuro o acción, para realizar la liquidación de las opciones. Al igual que los contratos de futuros, las opciones se negocian sobre tasas de interés, divisas e índices bursátiles, pero adicionalmente se negocian opciones sobre acciones y opciones sobre contratos de futuros. Existen dos tipos básicos de opciones: opción de compra (*call*) y opción de venta (*put*). Así como en los contratos futuros se observa la existencia de dos estrategias elementales, que son la compra y la venta de contratos, en opciones existen cuatro estrategias elementales: 1) compra de opción de compra (*long call*), 2) venta de opción de compra (*short call*), 3) compra de opción de venta (*long put*) y 4) venta de opción de venta (*short put*).

Cabe precisar que una opción tiene cinco características fundamentales que la definen, y estas son: 1) el tipo de opción (compra o venta); 2) el activo subyacente o de referencia; 3) la cantidad de subyacente, que permite comprar o vender el contrato; 4) La fecha de vencimiento y 5) el precio de ejercicio de la opción. Las opciones pueden ser ejercidas desde cualquier momento hasta su vencimiento (opciones americanas), o solamente en la fecha de vencimiento (opciones europeas). La comparación entre el precio de ejercicio y la cotización del activo subyacente sirve para determinar la situación de la opción y la conveniencia de ejercerla o, de dejarla expirar, sin ejercer el derecho otorgado. Se dice que una opción está dentro del dinero si al ejercerla de manera inmediata se obtiene un beneficio. Una opción está fuera del dinero, si ejerciéndola inmediatamente, no se obtiene ningún beneficio. Por último, una opción está en el dinero, cuando se encuentra en la frontera del beneficio y la pérdida.

1.1.1 Prima de la opción

La prima es la cantidad de dinero que el comprador de una opción paga a su contraparte por adquirir el derecho de compra (opción *call*) o de venta (opción *put*). A su vez, esta cantidad pecuniaria (prima) es la que recibe el vendedor de la opción, misma que lo obliga, en caso de ejercicio, a vender (opción *call*) o comprar (opción *put*) el activo subyacente al precio preestablecido (precio de ejercicio).

1.1.2 Inversión, irreversibilidad e incertidumbre

La inversión se define como el acto de incurrir en un costo inmediato con la expectativa de obtener rendimientos en un futuro. Las inversiones presentan al menos tres características en común, en diversos niveles. La primera consiste en que las inversiones son completa o parcialmente irreversibles; la segunda descansa en que la incertidumbre sobre la recuperación de la inversión en el futuro se encuentra presente en todo momento de la inversión, y a la tercera, la identifica la preocupación sobre el momento más adecuado para ejercer la inversión. Estas características están interrelacionadas de manera decisiva con el objeto de determinar la viabilidad y la mejor decisión. La teoría tradicional no reconoce la importancia de las implicaciones cualitativas de las interacciones entre la irreversibilidad e incertidumbre, así como tampoco la importancia de determinar el momento justo para la realización de la inversión.

1.2. Características de las opciones reales

El valor de una opción real aumenta con el tiempo de maduración y con la volatilidad subyacente. En la tabla 2, se presenta la correspondencia entre los parámetros de una opción financiera y los de una opción real. De esta manera, una empresa, a partir de un tiempo t , posee una oportunidad de invertir en un proyecto subyacente hasta el tiempo T , lo cual podría verse como una opción para adquirir un cierto valor presente de los flujos esperados, S_T , a cambio una inversión, K , en la fecha de vencimiento. En este caso, S_T tiene asociado un factor de incertidumbre, a saber, la volatilidad de los flujos de efectivo del proyecto. Por supuesto que la opción solamente será ejercida cuando $S_T > K$, en cuyo caso el inversionista permanece en el proyecto subyacente, de lo contrario será conveniente abandonarlo. Esto lleva a inferir que mientras las opciones financieras tratan con activos financieros, las opciones reales tratan con activos reales como pueden ser: unidades de negocio, obras e infraestructura, nuevas tecnologías, etc., que son generados a través de proyectos de inversión (Venegas-Martínez, 2006).

Tabla 2.
Similitudes entre opciones financieras y reales

Parámetro	Opción real	Opción financiera
S_t	Valor presente de los flujos esperados en t	Subyacente
K	Costo de inversión en T	Precio de ejercicio
R	Tasa de interés libre de riesgo	Tasa libre de riesgo
σ	Volatilidad de los flujos de efectivo del proyecto	Volatilidad subyacente

Fuente: adaptado a partir de Venegas-Martínez, F. (2006).

Cuando la opción se encuentra dentro del flujo de efectivo en el tiempo de maduración, la regla es invertir; por lo tanto, la regla de inversión en la maduración de la opción depende del valor del subyacente, siendo irrelevante lo que pudiera ocurrir alrededor de este (Pennings y Lint, 1997).

1.3 Tipos de opciones reales

Para la valuación de proyectos de inversión (mediante la consideración de diversas variables y escenarios), se pueden utilizar diversas clases de opciones reales existentes en la literatura (Lander y Pinches, 1998; Venegas-Martínez, 2006). Es importante destacar que, en el caso de valuación con opciones reales, la tasa de descuento es una tasa libre de riesgo de incumplimiento. Una oportunidad corporativa de inversión se puede valorar como una opción (europea o americana) de compra, ya que la empresa obtiene el derecho, más no la obligación, de llevar a cabo cierta estrategia de inversión. La correspondencia entre las características del proyecto (extensión, contracción, posposición, corrección, abandono, etc.), y los parámetros que determinan el valor de la opción en cuestión, se especifican a continuación.

Considere un movimiento Browniano $(W_t)_{t \in [0, T]}$, definido en un espacio fijo de probabilidad equipado con una filtración aumentada, $(\Omega, F, (F_t)_{t \in [0, T]}, P)$, esto es, W_t es una variable aleatoria normal con media cero y varianza t ; Ω es un espacio muestral (el conjunto de todos los posibles resultados, los números reales); F es una σ -álgebra (un conjunto de eventos relevantes, subconjuntos de números reales); F_t representa toda la información disponible al tiempo t y, por último, P es una medida de probabilidad. Se supone que el valor presente de los flujos de efectivo esperados en t , S_b , es conducido por una ecuación diferencial estocástica:

$$dS_t = \mu(S_t, t)dt + \sigma(S_t, t)dW_t \quad (1)$$

donde $\mu(S_t, t)$ y $\sigma(S_t, t) > 0$ son funciones conocidas que se especificarán posteriormente.

1.3.1 Opción real de expansión

Una empresa podría expandir un proyecto en una proporción α , para lo cual se requiere invertir una cantidad adicional K' en un tiempo T . Esta posibilidad estratégica tiene una opción asociada con el proyecto subyacente existente. Si $(1+\alpha)S_T - K'$ es el valor presente neto, aumentado en la proporción α menos el costo de la inversión adicional K' al tiempo T , el valor intrínseco (valor en la fecha de vencimiento) de esta opción está dado por:

$$c_e(S_T, T; \alpha, K') = \max((1 + \alpha) S_T - K', 0) \quad (2)$$

donde $K = K'/\alpha$. En particular, si el valor presente de los flujos de efectivo esperados es conducido por un movimiento geométrico browniano neutral al riesgo, es decir:

$$dS_t = r S_t dt + \sigma S_t dW_t \quad (3)$$

donde r es la tasa de interés libre de riesgo (de incumplimiento) y $\sigma > 0$ es la volatilidad instantánea de S_t , entonces se tiene que el valor de la opción real de expansión en t está dado por:

$$c_{BS}(S_t, t) = S_t \Phi(d_1) - K e^{-r(T-t)} \Phi(d_2) \quad (4)$$

$$\Phi(d) = P_\varepsilon(\varepsilon \leq d) = \int_{-\infty}^d \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\varepsilon^2}{2}} d\varepsilon = 1 - \Phi(-d), \quad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (6)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (7)$$

Es decir, $c_{BS}(S_t, t)$ es la fórmula de Black-Scholes (1973) para valorar una opción de compra. Es importante destacar que los flujos de efectivo esperados no son un activo que se compre o venda en un mercado, lo que genera una situación de mercados incompletos.

1.3.2 Opción real de contracción

Cuando una empresa introduce al mercado un nuevo producto (bien o servicio), usualmente se tiene un plan de inversión en dos etapas. En la primera etapa, la empresa invierte una cantidad inicial, generalmente pequeña, para conducir estudios de mercado. La inversión subsiguiente depende de los resultados de dichos estudios. Si en la segunda etapa, el producto no presenta la aceptación esperada, la empresa puede ejercer la opción real de contraer la producción con el recorte de inversiones futuras. Sea entonces M el costo de la inversión inicial en t , si el producto no tiene la aceptación esperada, la empresa puede invertir en la segunda etapa, una cantidad más pequeña N , $N < M$, lo que traerá como consecuencia una contracción en la producción β , en el valor presente de los flujos de efectivo esperados del producto subyacente esperado. En este caso, el valor intrínseco de esta opción de contracción satisface la ecuación siguiente:

$$c_c(S_T, T, K, N) = \max((1 - \beta)S_T - N, S_T - K) \quad (8)$$

donde $K = Me^{r(T-t)}$. Es decir, se invierte K o se invierte N , lo cual trae como consecuencia una contracción de los flujos esperados. Si se supone que los flujos de efectivo esperados son conducidos por un proceso browniano, se puede expresar de la forma siguiente:

$$c_c(S_t, t) = S_t e^{r(T-t)} - \alpha E[S_T 1_{\{0 \leq S_T \leq L\}} | S_t] - \alpha \Phi(d) - N \quad (9)$$

donde:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{L}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (10)$$

y

$$L = \frac{K - N}{\alpha} \quad (11)$$

1.3.3 Opción real de cierre temporal

Suponga que el mercado para cierto producto depende del ambiente económico o del entorno financiero. El costo variable anual, X_T , de la empresa puede ser definido como el precio de ejercicio de una opción real de cierre temporal en T . Se supone que el costo de cierre es C , el cual es una proporción fija δ , del valor presente de los flujos de efectivo esperados del proyecto subyacente, S_T , es decir $C = \delta S_T$. Así mismo, suponga que dicha opción expira en el tiempo T . Si los flujos de efectivo previstos son menores que los costos variables, entonces, las operaciones se suspenden, lo cual genera un ahorro en los costos variables. En este caso, el valor intrínseco en la opción y los flujos de efectivo esperados son conducidos por un movimiento geométrico browniano neutral al riesgo, por lo que se tiene que:

$$c_c(S_t, t) = S_t e^{r(T-t)} - \delta \left[E[S_T 1_{\{0 \leq S_T \leq L\}} | S_t] - \Phi(D_T) \right] - N \quad (12)$$

donde:

$$D_T = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{Y_t}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (13)$$

y

$$Y_t = \frac{X_t}{\delta} \quad (14)$$

1.3.4 Opción real de permanencia

En los proyectos de inversión de etapas múltiples, se pasa de una etapa a otra solamente si el beneficio esperado resulta positivo. En caso contrario, no se invierte en la siguiente etapa y probablemente ni en las etapas subsecuentes. De esta forma, en cada etapa en la que se invierte también se adquiere una opción para permanecer en el proyecto en la próxima etapa. En esta opción, se permanece en el proyecto si el valor presente de los flujos esperados del proyecto subyacente, S_T , es mayor que el costo de inversión, K . El valor intrínseco corresponde a:

$$c_p(S_T, T; K) = \max(S_T - K, 0). \quad (15)$$

Si la dinámica del valor presente de los flujos de efectivo esperados (FE) es conducida por la ecuación diferencial estocástica (11), entonces, se tiene que $c_p(S_t, t) = c_{BS}(S_t, t)$.

1.3.5 Opción real de abandono

El valor de mercado de los títulos (de capital y deuda), V_T , de una empresa puede, en algunos casos, exceder el valor presente de los flujos esperados en T , S_T . En este caso, surge la opción de vender la empresa, ya que su valor de mercado excede el valor presente de los flujos de efectivo esperados. Suponga que la organización se encuentra operando con pérdidas, en un ambiente económico adverso, y que podría tomar la decisión de abandonar un proyecto, en el tiempo T , si el valor presente de los flujos de efectivo esperados en S_T es menor que cierto valor de recuperación V_T . En consecuencia, el valor intrínseco de esta opción real es:

$$c_a(S_T, T) = \max(S_T, V_T) \quad (16)$$

Si $V_T > S_T$, la opción se ejerce. Si V_T es constante, $V_T = K$, y la opción solo puede ser ejercida en T , entonces:

$$c_a(S_t, t) = \int_0^{\infty} [\max(s - K, K) + K] f_{S_T|S_t}(s | S_t) ds = c_{BS}(S_t, t) + K \quad (17)$$

2.3.6 Opción real de cambio tecnológico

Las opciones de cambio tecnológico surgen cuando una empresa puede producir un mismo bien o servicio con diferentes conjuntos de insumos. Se supone que el tiempo y costo de cambiar un conjunto de insumos a otro no representan obstáculos para la empresa, aunque en la realidad se ven inmersos otros factores como: el aprendizaje, el tipo de tecnología, R&D, los costos de operación y mantenimiento, entre otros. El valor intrínseco de esta opción real de cambio es:

$$c_s(S_T, T) = \max(S_{2T} - S_{1T} - K, 0) \quad (18)$$

donde S_{1T} es el valor presente de los flujos de efectivo esperados en T , en la forma de producción actual; S_{2T} es el valor presente de los flujos de efectivo esperados en T , en el modo alternativo de producción, y K es el costo del cambio. Si $S_{2T} > S_{1T} + K$, entonces se ejerce la opción de cambio.

2. Valuación de proyectos energéticos con opciones reales: el caso de México

La valuación de proyectos energéticos en México se realizó con base en los datos reportados dentro de los Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico, Comisión Federal de Electricidad (2007), los cuales presentan la actualización de los principales parámetros técnico-económicos, que intervienen en el cálculo del costo nivelado del kWh generado, para los diversos procesos de producción de energía eléctrica.

La capacidad nacional instalada para la generación de electricidad en diciembre de 2007, incluyendo exportación, se ubicó en 59,008 MW, lo que muestra un incremento de 4.7% con respecto al año anterior. De esta capacidad, la Comisión Federal de Electricidad concentra el 67.1% y los productores independientes, el 19.4%; mientras que el restante 13.5% está distribuido entre las diferentes modalidades, para la generación de electricidad vigente. Destaca el hecho que, de un total de 51,029 MW instalados en el servicio público en diciembre de 2007, la participación de la tecnología de ciclo combinado representó el 32.7%, mientras que el ciclo convencional aportó el 25.2% y las hidroeléctricas, el 22.2%. Asimismo, las centrales que utilizan carbón concentran el 9.2% del total. En 2007, la generación bruta del servicio público se ubicó en 232,552 GWh, lo cual significó un incremento de 3.3% con respecto al año anterior. Las centrales que utilizan gas natural (ciclo combinado y turbo-gas) aportaron el 45.8% de esta energía, mientras que las termoeléctricas convencionales e hidroeléctricas lo hicieron con el 21.3% y 11.6%, respectivamente. Esto repercute en una mayor utilización del gas natural en la generación eléctrica, específicamente, en lo que se refiere a la tecnología de ciclo combinado, al pasar de 7.0% en 1997 a 44.2% de la generación total del servicio público en 2007 (Secretaría de Energía, 2008).

En la tabla 3, se presenta la evolución de las tarifas eléctricas de 1999 al 2007; mientras que en la tabla 4, se muestran los costos unitarios de generación de energía por tipo de tecnología.

Ahora bien, antes de realizar la valuación se deben efectuar ciertas consideraciones para el cálculo, a fin de comparar de manera adecuada cada una de las tecnologías involucradas. Primero, se considerará que las fuentes generadoras de energía solamente pueden generar, en todo el año, el equivalente a su capacidad nominal. Segundo, los costos reportados en la tabla 4, corresponden al año 0, por cada MW generado (considerando que la producción total anual es equivalente a la capacidad nominal de las fuentes de generación). Tercero, el costo de venta de la energía eléctrica será el

promedio reportado en la tabla 3. Cuarto, la tasa libre de riesgo para el proyecto se calculó mediante la estructura de plazos de Vasicek (1977), debido a que se considera que los rendimientos se encuentran en función del tiempo de manera estocástica y no lineal; lo anterior se realizó mediante los rendimientos observados por CETES entre el periodo de 22 de marzo de 2007 a 10 de noviembre de 2007, y la volatilidad de los flujos de efectivo será de 20% (se calculó con base en el método logarítmico de los retornos de los flujos de efectivo). Quinto, el costo de mantenimiento y operación se considera como la suma algebraica entre los costos fijos y los variables. Sexto, el valor de la inversión se considera como el costo de capital. Séptimo, el horizonte de proyección será de 10 años (tiempo en el cual se considera que la infraestructura utilizada para la generación eléctrica mediante energía solar y eólica llegue al final de su vida útil). Octavo, en vista de la gran cantidad de opciones a evaluar, se tomará el elemento más representativo de cada una de las categorías (mayor capacidad nominal de generación). Noveno, los flujos de efectivo considerados para la valuación son los reportados en la tabla 5, y su construcción se basa en las tablas 3 y 4.

Tabla 3
Evolución de tarifas eléctricas a través del tiempo

Años	Doméstico*	Comercial*	Servicios*	Agrícola*	Empresa mediana*	Gran industria*	Total
1999	49.27	118.32	93.16	25.73	52.38	35.36	52.27
2000	55.90	126.03	104.68	28.68	61.20	43.37	60.21
2001	60.74	130.37	113.05	31.33	62.67	44.25	63.35
2002	77.44	137.76	125.14	33.58	70.16	48.08	72.15
2003	84.59	161.48	134.05	36.41	84.86	60.23	84.85
2004	88.31	186.72	140.91	39.26	97.81	70.89	95.46
2005	92.01	205.44	148.02	43.60	106.45	77.84	102.64
2006	98.35	231.58	157.04	44.39	119.14	88.63	113.79
2007	101.65	239.27	166.02	47.75	123.55	90.68	117.83

Fuente: Elaboración propia a partir de la información vertida en el portal de la Secretaría de Energía (<http://www.sener.gob.mx/>). * Precios medios de energía eléctrica en centavos por kWh, a precios corrientes; dentro del estudio comparativo, se realizará la conversión a MWh.

Tabla 4
Costos unitarios de generación tiempo*

Central	Potencia Bruta	Inversión	Combustible (1)	Operación y Mtto. (2)	Costo (combustible, operación y Mtto.)
Térmica convencional	2 x 350	245	516	71	587
Térmica convencional	2 x 160	342	537	107	644
Térmica convencional	2 x 84	404	603	140	743
Térmica convencional	2 x 37.5	489	650	191	841
Turbogas aeroderivada gas	1 x 43.4	809	669	278	947
Turbogas industrial gas	1 x 85	761	846	144	990
Turbogas industrial gas "F"	1 x 190	593	756	88	844
Turbo Gas Ind. "G"	1 x 267	577	715	65	780
Turbogás aeroderiv. Diesel	1 x 41.3	805	1030	304	1334
(3) Ciclo combinado gas 1 x 1 "F"	1 x 291	128	499	66	565
2 x 1 "F"	1 x 583	124	497	53	550
1 x 1 "G"	1 x 400	123	494	58	552
2 x 1 "G"	1 x 802	117	492	47	539
(4) Diesel	2 x 18.4	456	431	233	664
(5) Carboeléctrica	2 x 350	377	226	96	322
(5) Carb. supercrítica s/desulfurador	1 x 700	327	242	73	315
(5) Carb. supercrítica c/desulfurador	1 x 700	369	237	88	325
(6) Nuclear (ABWR)	1 x 1,356	476	74	106	180
(7) Geotermia Cerro Prieto	4 x 26.95	320	266	92	358
(7) Geotermia Los Azufres	4 x 26.60	333	230	87	317
Eólica (Clase 6)	67 x 1.5	657		102	102
Eólica (Clase 7)	67 x 1.5	589		92	92
** Aguamilpa	3 x 320	1,372	10	37	47
** Agua Prieta	2 x 120	1,911	3	75	78
** La Amistad	2 x 33	652	24	121	145
** Caracol	3 x 200	1,209	15	41	56
** Chicoasén	5 x 300	801	8	23	31
** Zimapán	2 x 146	1,744	2	27	29

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comisión Federal de Electricidad (2007). * Cantidades en pesos por MWh a precios corrientes y con una tasa de descuento del 12%. ** Hidroeléctricas. (1) El costo se deriva del escenario medio de evolución de los precios de los combustibles (2007). (2) El costo de operación y mantenimiento incluye el correspondiente al agua, excepto para hidroeléctricas en las que se considera el combustible. (3) Número de turbinas de gas por cada turbina de vapor (1x1 o 2x1) y modelo de turbina de gas (F o G). (4) Los motores de combustión interna son de cuatro tiempos. (5) La central carboeléctrica opera con carbón doméstico, las restantes con carbón importado. Para integrar al costo de inversión el correspondiente a la terminal de recibo y manejo de carbón deberán sumarse 41.07 pesos/MWh. (6) El costo unitario de inversión incluye un cargo por desmantelamiento de 1.01 pesos/MWh. El costo del combustible incluye un cargo por manejo de combustible irradiado de 11.65 pesos/MWh. (7) El costo del combustible se refiere a la inversión, operación y mantenimiento del campo geotérmico.

Para el desarrollo del cálculo de cada una de las opciones de inversión se utilizará la fórmula de Black-Scholes (1973); esto es, debido a que el proyecto existente podría considerarse como una planeación futura para la expansión del negocio, por ello se empleará el precio de un *Call* (ecuación 4):

donde:

$$Call = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rt}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

S_t : Valor presente de los flujos de efectivo futuros (capacidad nominal x precio de venta).

X : Costos de operación (costo de operación y mantenimiento).

R : Tasa libre de riesgo (estructura de plazos de Vasicek).

T : Tiempo de expiración (10 años).

σ : Volatilidad (20%) de los flujos.

Φ : Distribución acumulada de una variable normal estándar.

I_0 : Inversión inicial

Una vez determinados los valores iniciales y los parámetros, entonces, se procede al cálculo de resultados, los cuales se presentan en la tabla 5. En dicha tabla, se observa cómo evoluciona el valor de la opción $c(0, T)$ a través del tiempo, T , en un horizonte de 10 años. Así mismo, se calcula el valor de las ganancias netas obtenidas en dichos periodos de tiempo mediante: $I_0 - c(0, T)$.

Es importante aclarar que, los valores reportados en la tabla 5 pueden no ser comparables, debido a que cada una de las fuentes produce una cantidad distinta de energía. Por ello, es necesario obtener la utilidad futura por MW (valor presente de los flujos de efectivo/capacidad de generación en MW), para lo cual, el resultado de cada fila correspondiente a $I_0 - c(0, T)$ se dividirá entre la capacidad de generación MW, esto con el objeto de cuantificar la utilidad obtenida por cada unidad de potencia generada, a fin de lograr una comparación adecuada sobre la factibilidad económica de las diferentes tecnologías en el largo plazo.

En la gráfica 1 se observa que: Primero, la tecnología que posee un mejor desempeño financiero resulta ser la de ciclo combinado, con la salvedad que esta depende fuertemente de las fluctuaciones del precio del combustible, lo cual la supedita al comportamiento de los insumos dentro del mercado. En la segunda opción, referente a la viabilidad económica, se encuentra la energía geotérmica; las plantas geotérmicas tienen la gran ventaja de ser constantes

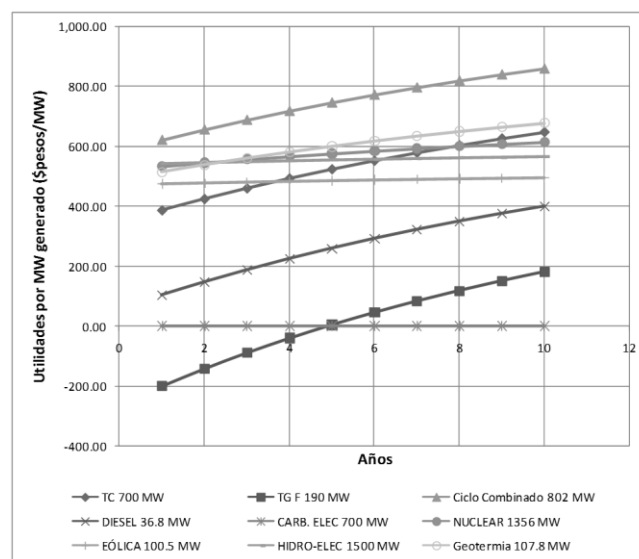
en su producción en el tiempo, ya que su producción energética no sufre variaciones estacionarias como las plantas hidroeléctricas, y su costo es casi la mitad de las plantas térmicas más eficientes debido a que trabajan con energía natural almacenada en forma de calor bajo la superficie de la tierra, resultando ser una fuente de energía eficiente; sin embargo, depende de la ubicación geográfica. En la tercera, está la energía nuclear, la cual ofrece diversas ventajas dentro del contexto actual en lo que a inversión y rentabilidad se refiere. Posteriormente, se tiene la energía hidroeléctrica, en cuyo caso los depósitos de centrales hidroeléctricas en regiones tropicales pueden producir cantidades sustanciales de metano y dióxido de carbono, sin contar con los cambios que se producen en los ecosistemas durante y después de su construcción. Este tipo de tecnología conlleva inversiones iniciales y tiempos de construcción considerables.

Tabla 5
Cálculo de la opción en un horizonte de 10 años †

Año	$c(0,T)$ * $I_0 - c(0,T)$ **	TÉRMIC A CONV. 700 MW	TURBO GAS IND. F 190 MW	CICLO COMB. G 802 MW	DIESEL 36.8 MW	CARBO- ELÉCTRICA 700 MW (S/DESULF.)	NUCLEAR 1356 MW	EÓLICA 100.5 MW	HIDRO- ELÉCTRICA 1500 MW	GEO- TÉRMICA 107.8 MW
1	$c(0,T)$	442	74	592	20	588	1,370	113	1,724	90
	$I_0 - c(0,T)$	270	-37	498	3	359	725	47	522	55
2	$c(0,T)$	468	85	620	22	604	1,386	114	1,727	92
	$I_0 - c(0,T)$	297	-26	526	5	375	740	48	525	58
3	$c(0,T)$	493	95	646	23	619	1,400	114	1,729	95
	$I_0 - c(0,T)$	322	-16	552	6	390	755	48	528	60
4	$c(0,T)$	516	105	670	25	634	1,414	114	1,732	97
	$I_0 - c(0,T)$	345	-7	576	8	405	769	48	531	62
5	$c(0,T)$	538	113	693	26	647	1,427	115	1,734	99
	$I_0 - c(0,T)$	366	0.973	620	9	418	781	49	533	64
6	$c(0,T)$	558	121	714	27	659	1,439	115	1,737	101
	$I_0 - c(0,T)$	386	8	620	10	430	793	49	535	66
7	$c(0,T)$	576	128	733	28	670	1,449	115	1,739	103
	$I_0 - c(0,T)$	405	15	639	11	442	804	49	537	68
8	$c(0,T)$	594	135	751	29	681	1,460	115	1,741	104
	$I_0 - c(0,T)$	422	22	658	12	452	814	49	539	70
9	$c(0,T)$	610	141	768	30	691	1,469	115	1,743	106
	$I_0 - c(0,T)$	438	28	674	13	462	824	49	541	71
10	$c(0,T)$	625	147	784	31	700	1,478	116	1,744	107
	$I_0 - c(0,T)$	453	34	690	14	471	833	50	543	73

Fuente: Elaboración propia. * $c(0,T)$ = valor de la opción (prima). ** $I_0 - c(0,T)$ = valor presente de las ganancias netas. Se considera que las plantas generadoras de energía trabajan a toda su capacidad y poseen una eficiencia del 100%. † Valores en miles de pesos.

Gráfica 1
Comparación de rendimientos entre cada una de las tecnologías de generación de energía mediante opciones reales



Fuente: Elaboración propia, con base en la simulación con opciones reales.

La energía térmica convencional presenta una capacidad aceptable a través del tiempo. Aunque, en los primeros años, muestra un desempeño bajo, posteriormente se observa un comportamiento notable; sin embargo, la generación de energía se realiza a partir de combustibles fósiles. De igual manera, la energía eólica resulta ser una energía alterna con grandes capacidades, con la salvedad de que su implementación depende de ciertas condiciones climáticas que limitan su eficacia y empleo. Por último, se observa que las tecnologías que presentan el desempeño más bajo, son: el diesel, la turbo generación y las carboeléctricas; para el caso de estas últimas, en la práctica, tanto el carbón como los residuos de su combustión requieren de un manejo más complejo que los combustibles líquidos o gaseosos que son utilizados en termoeléctricas convencionales.

En la tabla 6, se pueden observar las utilidades obtenidas al año por cada una de las tecnologías utilizadas durante 10 años. En este sentido, la generación de energía eléctrica más rentable se presenta en el ciclo combinado; sin embargo, sus beneficios se ven drásticamente afectados a partir de una variación del 10% arriba del precio de los energéticos utilizados para la operación. La generación de energía a través de geotérmicas se presenta como una opción viable, aunque no es factible su implementación en todo el país. A la fecha, la CFE ha establecido la existencia de más de mil

manifestaciones termales en México, de las cuales solo una minoría corresponde a sistemas capaces de generar energía eléctrica comercialmente (aunque, la mayoría de estos puntos localizados han sido utilizados como balnearios). De igual manera, la generación de energía eléctrica a través de sistemas térmicos combinados resulta viable en cuanto a la generación de utilidades, pero posee las mismas desventajas que el ciclo combinado.

En la cuarta posición de la tabla 6, se observa a la energía nuclear, la cual resulta una opción confiable y factible desde el punto de vista económico y ambiental, para alcanzar la meta del 35% en generación de electricidad con energías limpias, que contempla la matriz energética de México para el 2025; la inclusión de este tipo de energía permite combatir la dependencia energética de los combustibles fósiles, dando lugar a una mezcla balanceada de fuentes energéticas ante las variaciones en precios de los combustibles tradicionales, eliminando también la generación de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, sobre todo con los cambios tecnológicos implementados en los reactores de cuarta generación, los cuales pretenden mejorar la seguridad, minimizar el uso de los recursos naturales, reutilizar el combustible y reducir la generación de residuos nucleares de alta actividad, todo ello con la finalidad de la reducir los costos operativos y de construcción.

Tabla 6
Utilidades derivadas de cada tecnología por MW
generadas en el año 1, 5 y 10

Años	Año 1	Año 5	Año 10
Ciclo Combinado*	621.93	747.34	861.22
Geotérmica	516.43	601.67	665.71
Térmica convencional*	386.90	524.03	648.19
Nuclear	534.75	576.51	614.40
Hidroeléctrica	544.44	555.68	555.88
Eólica	476.62	487.76	497.86
Diesel*	104.27	225.52	400.90
Turbo gas industrial F*	-	-	181.66
Carboeléctrica*	1.64	1.72	1.16

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la gráfica 1.

* Utilizan combustibles fósiles.

Las hidroeléctricas presentan un desempeño financiero aceptable, con la salvedad de que este tipo de obras requieren un tiempo considerable de construcción e inversión, sin tomar en cuenta los conflictos sociales que se generan a partir de dichos proyectos. En el caso de la energía eólica, no solo

es una energía limpia sino también, en algunos casos, rentable (bajo ciertas condiciones); sin embargo, su problema deriva en la afectación de la flora y la fauna del entorno en que son instalados los parques eólicos, al mismo tiempo de que no todas las regiones cuentan con las condiciones de velocidad y dirección que se requieren. Aunque las fuentes renovables tienen beneficios en cuanto al medio ambiente y la seguridad energética, sus costos de inversión son altos. La mayor parte de las tecnologías disponibles para aprovechar dichas fuentes pueden presentar una menor competitividad en comparación con la generación basada en combustibles fósiles; durante 2010, solamente el 3.3% de la energía producida fue generada por tecnologías limpias. Ante este hecho, la generación de electricidad a partir de fuentes renovables puede ser una alternativa viable si se generan políticas públicas que incentiven el desarrollo de dichas fuentes; como fue el caso de España con la energía solar, situación que explica el éxito de Iberdrola. En este sentido, el crecimiento observado en la construcción de centrales eólicas en muchos países ha sido resultado de la implementación de políticas e incentivos específicamente diseñados para estimular la construcción de centrales basadas en energías renovables (Comisión Federal de Electricidad, 2007). En el caso de México, los proyectos de autogeneración desarrollados por empresas privadas como Cemex y Walmart-México explican el acelerado crecimiento de este sector que para el 2012 será de 4.4%. En los últimos lugares de la tabla 6, se encuentran las tecnologías de generación de turbo gas, diesel y las carboeléctricas, donde se observa que estas últimas apenas alcanzan a cubrir los costos de operación.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las opciones reales, en general, pueden mejorar la capacidad del proceso de toma de decisiones concernientes a la inversión de activos, por las siguientes razones: 1) representan una herramienta flexible para la toma de decisiones; 2) proporcionan modelos sencillos que arrojan valores razonables en oportunidades de inversión complejas; 3) administran activamente el proyecto; 4) permiten utilizar probabilidades de riesgo en la inversión; 5) introducen asimetrías dentro de la distribución en los valores de oportunidad de la inversión; 6) muestran de forma explícita los factores que afectan e intervienen en la valuación; 7) arrojan resultados consistentes en condiciones reales de operación.

El potencial de las energías renovables es vasto y mucho mayor que el de los combustibles fósiles. Sin embargo, en la actualidad, la generación de energía mediante la utilización de dichas fuentes resulta onerosa, debido a que la tecnología utilizada para tal fin no ha alcanzado costos competitivos que permitan hacer uso de estas a gran escala, aunado a que su utilización se

encuentra condicionada, en muchas situaciones, a factores geográficos o climáticos. De modo que, las núcleo-eléctricas representan una opción viable a largo plazo en la generación de energía a bajo costo. En diversas ocasiones, se ha mitificado la utilización de este tipo de generación. La seguridad involucrada tanto en el diseño como en la operación de esta clase de plantas, en la actualidad, resulta ser adecuada; y lo es, no solo por la gran cantidad de sistemas redundantes que posee, sino también por las mejoras desarrolladas dentro de los campos de los procedimientos operacionales, el apoyo técnico, la gestión estratégica, el suministro de combustible y la disposición final del combustible gastado. Cabe señalar que a diferencia de los desechos sólidos y tóxicos producidos por otro tipo de combustible, los residuos generados por las centrales nucleares son de volumen reducido, los cuales si son confinados de manera confiable y controlados en forma estricta no deben representar un riesgo para el entorno, en comparación con las grandes cantidades de contaminantes emitidos hacia la atmósfera, por aquellas fuentes que producen la energía a partir de combustibles fósiles y que, además de causar un deterioro notable en el entorno, propician un cambio en los ecosistemas a gran escala.

En síntesis, la energía nuclear es una opción confiable y factible desde el punto de vista económico, ya que muestra rentabilidad en relación con la inversión realizada, además de que ambientalmente no genera gases de efecto invernadero que intensifiquen el calentamiento global. Sin embargo, debe reconocerse que la nueva tecnología de reactores requiere de una infraestructura científica y física que permita garantizar los estándares de seguridad y operación, algunos investigadores señalan que por cada planta nuclear se requeriría al menos de 400 especialistas de alta calificación en el área nuclear. Adicionalmente, se deben tener en cuenta los riesgos que implica el terrorismo en las plantas de reprocesamiento de óxidos mixtos de plutonio, así como las externalidades negativas en su manejo y el impacto ambiental y social que –en muchos casos– no es del todo claro. Finalmente, es necesario advertir que la construcción de una planta núcleo-eléctrica puede extenderse al menos a 8 años, lo que implica que muchas de las proyecciones financieras puedan tener cambios significativos que incrementen los costos, más aún si se considera el entorno de alta volatilidad financiera y vulnerabilidad macroeconómica que registran varios países, entre ellos, México.

Referencias

Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) (2002). El impacto ambiental de las distintas fuentes energéticas de generación eléctrica. Tomado de la hoja Web de la Asociación de Productores de Energías Renovables: <http://www.appa.es/>

- Bazán-Perkins, S. D. (2005). La energía nuclear, una alternativa de sustentabilidad para resolver la demanda eléctrica de México (Primera parte). *Ingeniería Investigación y Tecnología*, VI. 3, 187–205.
- Black, F. and M. Scholes (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, Vol. 81, No. 3, 637–654.
- Chatterjee, S., R. M. Wiseman, A. Fiegenbaum and C. E. Devers (2003). Integrating Behavioral and Economic Concepts of Risk into Strategic Management: The Taiwan Shall Meet. *Long Range Planning*, Vol. 36, 61–79.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2007). Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico (COPAR). México: Subdirección de Programación, Coordinación de Evaluación.
- Doraszelsky, U. (2001). The Net Present Value Method versus the Option Value of Waiting: A Note on Farzin, Huisman and Kort. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 25, No. 8, 1109–1115.
- Duku-Kaakyire, A. and D. M. Nanang (2004). Applications of Real Options to Forest Investment Analysis. *Forest Policy and Economics*, Vol. 6, No. 6, 539–552.
- Lander, D. M. and G. Pinches (1998). Challenges to the Practical Implementation of Modeling and Valuing Real Options, *Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 38, Special Issue, 537–567.
- MacDougall, S. L. and R. H. Pike (2003). Consider Your Options: Changes to Strategic Value During Implementation of Advanced Manufacturing Technology. *OMEGA The International Journal of Management Science*, Vol. 31, No. 1, 1–15.
- Miller, K. D. and H. G. Waller (2003). Scenarios, Real Options, and Integrated Risk Management. *Long Range Planning*, Vol. 36, 93–107.
- Secretaría de Energía (SENER) (2008). Prospectiva del Sector Eléctrico 2008–2017. México.
- Pennings, E. and O. Lint (1997). The Option Value of Advanced R&D. *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, No. 1, 83–94.
- US Nuclear Energy Institute (NEI) (nd). Tomado de la hoja Web del NEI: <http://www.nei.org/resourcesandstats/graphicsandcharts/generationstatistics/>
- Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, Vol. 5, No. 2, 177–188.
- Venegas-Martínez, F. (2006). Riesgos financieros y económicos: Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre. México: Internacional Thomson Editors, Thomson Learning.

Monopolios naturales y tecnología

Elvio Accinelli*
Leonardo Tenorio**

Fecha de recepción: 09 III 2011

Fecha de aceptación: 13 II 2012

Resumen

El objetivo de este trabajo es considerar la posibilidad de que, en el largo plazo, un monopolio natural se mantenga como tal debido al resultado del aumento de su productividad ocasionado por el cambio tecnológico. Paralelamente, se discutirá sobre la pertinencia de implementar políticas tendientes a incentivar la competencia y la libre entrada en ramas en las que existen monopolios naturales, que permanecen como tales, gracias al desarrollo tecnológico que han alcanzado.

Palabras clave: Monopolios naturales de largo plazo; Cambio tecnológico e innovación; Competencia.

Clasificación JEL: L12.

Abstract

This paper aims to consider the possibility that a natural monopoly is maintained as such in the long run as a result of increased productivity caused by technological change. In parallel, we will discuss the relevance of implementing policies to encourage competition and free entry, in branches where natural monopolies remain as a result of technological development.

Keywords: Natural monopolies long-term; technological change and innovation; competition.

JEL Classification: L12.

*Facultad de Economía de la UASLP. Av. Pintores s/n, Fraccionamiento Burócratas del Estado, CP 78263, San Luis Potosí, S.L.P. México. Correo electrónico: elvio.accinelli@eco.uaslp.com

**Facultad de Economía, UNAM. Av. Miramontes 2960, int. 20, Los Girasoles II, Coyoacán, México, D. F. Correo electrónico: leonardotenorio@hotmail.com
Agradecemos los valiosos comentarios y sugerencias de dos lectores anónimos.

Introducción

En general, el estudio de la teoría macroeconómica, según el marco temporal, se realiza a partir de tres grandes modelos: el de corto, mediano y largo plazo. Más allá de las discusiones acerca de cuán corto es el corto plazo y cuán largo es el largo plazo, se está de acuerdo en considerar que en el largo plazo la oferta agregada solo dependerá de la mejora tecnológica, mientras que los niveles de inflación y la demanda agregada serán lo único plausible de cambio. Por otra parte, se está de acuerdo también en que –en el corto plazo– la utilización parcial de la capacidad de la economía es lo que justificará la participación de la política económica. No obstante, cualquiera que sea el análisis, se supone que la capacidad productiva está dada, y la utilización total de la capacidad en el largo plazo es lo que hace que la oferta no cambie, a menos que la tecnología lo permita. De ahí que, en el largo plazo, la atención esté centrada en las modificaciones de la capacidad productiva de la firma.

Es precisamente la modificación de esta capacidad productiva, la que puede determinar cambios importantes en el comportamiento de la economía en el largo plazo. Y es a este punto hacia el que se dirige la atención en este trabajo, el cual está enfocado al estudio de los llamados monopolios naturales, esto es, a aquellos monopolios que logran subsistir como tales, sin trabas legales de ningún tipo a la libre entrada; situación que es resultado de una particular combinación de las funciones de costos y demanda, misma que ubica a la oferta monopolista en la parte de la función de producción, con costos medios decrecientes.

Se analiza cómo la posibilidad latente de la pérdida del privilegio de que el monopolio natural goza, hace que fenómenos que se consideran propios del largo plazo se hagan visibles en el corto o mediano plazo. La premura por mantener dicho privilegio se convertirá en un incentivo para mejorar la tecnología productiva y, consecuentemente, la oferta de la firma. Es de esperar que una firma que actúa como monopolio natural deje de mantener esta cualidad si la demanda de su producto se modifica con el tiempo. No obstante, esto puede no suceder si a la par se producen cambios en la capacidad productiva de la firma, y si esto es así, la pregunta que surge es: ¿en qué medida es benéfico, desde el punto de vista del consumidor, favorecer a la competencia en ramas en que existen monopolios naturales sustentables como tales? La respuesta está, en que existen bienes que serán producidos solamente si la firma lo hace como monopolio natural. Evidencia de la existencia de monopolios, que favorecen la innovación y el crecimiento, la podemos encontrar en Aghion y Griffith (2005), con el caso

de Microsoft o como en su momento lo fue con IBM¹, mientras que la competencia inhibe el crecimiento de la productividad al reducir los beneficios esperados. Ciertamente, esta no es una afirmación de carácter general, lejos de serlo, como se verá, solo tiene valor bajo determinadas hipótesis.

La posibilidad de que el monopolio natural mantenga su situación de privilegio, a cambio de una mejora permanente de su tecnología, se transforma en un acicate importante para la inversión en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. De esta forma, tanto la competencia como el monopolio pueden ser, en diferentes etapas, promotores del crecimiento de la productividad y el bienestar asociado a ellos. En estas circunstancias, parece ser más sensato pensar que el papel de los organismos reguladores debe ser el de asegurar la competitividad de la rama de producción, más que asegurar la competencia dentro de la rama (evidencia empírica que sustenta esta afirmación puede encontrarse en Aghion y Griffith, 2005).

Cuando el monopolio deja de ser natural, la libre competencia y la libre entrada ejercerán su función, evitando la pérdida de bienestar social de la industria a la que el monopolio, que solo puede sobrevivir como tal por la imposición de trabas legales, puede conducir. No obstante, si el monopolio es capaz de mantener su cualidad de natural a lo largo del tiempo, estará en condiciones de generar mayor bienestar social que si se comportara como en la libre competencia, que supone precios igual a costos marginales, asegurando de esta forma la mejora en la eficiencia productiva y el consecuente aumento de la oferta en el corto plazo. Se destaca que en condiciones de monopolio natural, la curva de costos medios está por encima de las de costos marginales, por lo que fijar el precio por el costo marginal, en esas condiciones, implica que la firma deba retirarse del mercado por lo que consecuentemente el bien deja de producirse, afectando directamente el bienestar de los consumidores demandantes de este.

Dado que es normal suponer que la demanda por un determinado producto aumenta con el tiempo, la cualidad de monopolio natural tiende a desaparecer. No obstante, aumentando su productividad, como se verá más adelante, la firma puede mantenerse como monopolista natural, dando lugar a la vez a un aumento del bienestar de la sociedad. A los monopolios capaces de generar este aumento de la productividad, se les conoce como monopolios naturales sostenibles. Resultados similares a los aquí presentados se obtienen en Aghion y Griffith (2005), en donde se muestra que una firma establecida puede sobrevivir como monopolista a un proceso de apertura, si está suficientemente cerca de la frontera tecnológica. A diferencia de lo allí

¹ Para el caso de Microsoft, véase Gates (1996) y para el de IBM, Armentano (1999).

planteado, en este análisis, no se suponen trabas legales a la entrada que impidan la competencia; la no entrada en el marco en que se desarrolla el presente modelo, es un fenómeno natural, lo que aproxima en algún sentido al planteamiento de Boldrin y Levine (2008), dado que estos monopolios considerarán a la innovación como una muy eficiente barrera a la entrada *per se*. Pero, tanto en Aghion y Griffith (2005) como en el presente artículo se señala la posibilidad de escapar a las presiones competitivas, mediante un fuerte impulso a la innovación.

Este trabajo se organiza como a continuación se expone. En la siguiente sección, sección 1, se desarrolla el concepto de monopolio natural. En la sección 2, se introduce un modelo de crecimiento tecnológico. En la sección 3, se discute sobre algunas formas posibles para el crecimiento poblacional. La sección 4, que contiene las principales aportaciones del trabajo, se divide a su vez en tres subsecciones: la 4.1, donde se plantea la posibilidad de permanencia del monopolio natural a pesar de cambios en la estructura del mercado con factor tecnológico exógeno; la 4.2, en la que se revisa el caso de un monopolio natural con factor tecnológico endógeno y la 4.3, donde se presenta un ejemplo numérico y una gráfica como complemento de los resultados encontrados en las subsecciones anteriores. Finalmente, se ofrecen algunas conclusiones.

1. Monopolio natural

El acuerdo general existente entre los economistas acerca de que es la libre competencia la que fomenta el crecimiento y la productividad, lleva a los responsables de la política económica a buscar y desarrollar medidas tendientes a incentivar la competencia y promover la apertura de los mercados. Los argumentos en favor de la libre entrada, como determinante de la competitividad y la innovación, pueden verse en Tirole (1988) y Berg (1988), así como en la más reciente literatura del crecimiento endógeno, por ejemplo: Romer (1998), Aghion y Howitt (1992) y Grossman y Helpman (1993). No obstante, si bien este es el punto de vista que clásicamente sostiene la teoría económica desde Adam Smith, no es el que fundamentan muchos emprendedores industriales, quienes centran su atención en el desincentivo que para la inversión en investigación tales políticas pueden suponer, por ejemplo, Schumpeter (1942), Armentano (1999), entre otros. La firma establecida en un mercado competitivo, ante la amenaza permanente de las competidoras, difícilmente opta por promover la investigación en tecnología, si esta supone altos costos no recuperables en un breve plazo. Contrariamente, fenómenos tales como la imitación, o incluso la disminución en la calidad del producto ofrecido, para disminuir costos y competir mejor, suelen ser opciones más rentables en el corto plazo.

Mientras que la inversión en investigación puede resultar una opción más convincente a una empresa monopolista que solo ve amenazados sus beneficios futuros, por un cambio en la demanda de su producto que suponga un retraso en la capacidad relativa de su oferta, en particular, por el crecimiento natural de la demanda que el crecimiento de la población supone.

Para delimitar el análisis planteado en este trabajo, a continuación se propone una definición de monopolio natural, que sigue de cerca a la considerada en Segura (1993), concepto en torno del cual girará todo el estudio.

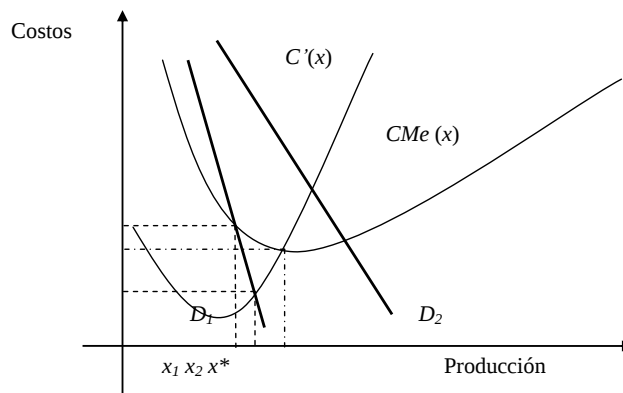
Se llama monopolio natural a una situación particular en una rama de la producción que se caracteriza por una combinación específica de las funciones de costos y demanda, y que permite que un bien determinado sea producido por una única firma sin la existencia de trabas legales de ningún tipo para la libre entrada y la obtención de beneficios²; lo que representa una situación coyuntural que puede desarticularse fácilmente por factores exógenos, en particular, por modificaciones en la demanda del producto³.

La situación más común, a la que llamaremos caso clásico, que garantiza la existencia de un monopolio natural, es aquella en donde la demanda agregada corta a las funciones de costo medio total y costo marginal en un punto en el que la función de costos medios es decreciente, el cual se ubica a la izquierda del punto x^* (ver gráfica 1) y donde dichas funciones de costos se cortan. Para el caso de estricta convexidad de la función de costos totales, dicho punto corresponde, además, al mínimo de esta función.

² Cabe mencionar que Reksulak, Shughart y Tollison (2008) desarrollaron, a partir de las condiciones de maximización de un monopolio tradicional, un modelo de monopolio progresista, es decir, que se comporta de tal forma que logra disminuir sus costos y, a la par, baja sus precios, teniendo como conclusión que no obstante esto, el bienestar social se restringe, situación que no puede ampliarse al caso que aquí se desarrolla, dado que no es compatible con las condiciones de existencia del monopolio natural.

³ Versiones semejantes del concepto de monopolio natural pueden ser encontradas en Berg (1988) y Mosca (2006).

Gráfica 1



Fuente: elaboración propia.

Una segunda situación, que permite que el monopolio natural pueda ser más estable con respecto al primer caso y que se caracteriza por una estructura de costos y demanda, bajo la cual, producir en el segmento delimitado entre la oferta monopolista x^m y la competitiva x^c será más eficiente hacerlo con una única firma que con más de una, y a la que llamaremos caso no clásico, corresponde a la existencia de costos subaditivos; esto es, costos que verifican, al menos en un cierto intervalo $[x, \bar{x}]$, la desigualdad:

$$c(x) \leq \sum_{i=1}^n c(x_i), \sum_{i=1}^n x_i = x \quad \forall x \in [x, \bar{x}] \quad (1)$$

siendo $x \leq x^m \leq x^c \leq x$

Un sencillo ejemplo de esta posibilidad lo representa una tecnología a la que corresponde una función de costos, de la forma:

$$c(x_j) = a + bx_j^2 \quad (a, b > 0) \quad (2)$$

como puede observarse, según la cantidad x a producirse, puede resultar más beneficioso hacerlo con una sola firma que con dos. Baste, para convencerse de ello, comparar $c(x)$ contra $c(x_j) + c(x - x_j)$. Se obtendrá que es preferible usar una sola firma si:

$$x < \left(\frac{2a}{h}\right)^{1/2}$$

La evolución tecnológica que permita mantener esta desigualdad a lo largo del tiempo, hará del monopolio natural una forma sostenible y eficiente de producir. No obstante, la generalización que este supuesto implica sobre el caso clásico en el que se asume que un monopolio puede ser natural solamente si opera en la región de costos medios decrecientes, no se considerará ahora, pues el interés de este trabajo se centrará en mostrar que la regulación, realizada por un planificador benevolente, debe concentrarse en asegurar la eficiencia más que en la libre competencia. Por otra parte, este caso conlleva una nueva restricción sobre el volumen a producir, esto es, que debe corresponder a la región en la que la subaditividad de los costos se manifiesta.

2. El cambio tecnológico

Comúnmente se encuentra en la bibliografía que el cambio tecnológico es un proceso creciente, que redundará en aumento de la eficiencia de la tecnología que ya se emplea; particularmente debido a la incorporación de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) en conjunto con la globalización (Castells, 2000; Boisier, 2001; OECD, 2000 y 2001; entre otros⁴), lo que puede redundar en dos tipos de cambio tecnológico que dependen de si dicho cambio es generado dentro o fuera del sistema.

Supóngase, considerando en primer lugar el caso exógeno, que la tecnología existente en un momento t pueda representarse por una función $T: R_+ \rightarrow R$ derivable y creciente, con respecto a t , y que actúa directamente sobre los costos de producción de forma que: $c_v(x, t) = T^{-1}(t)c(x)$, siendo $c_v(x, t)$ el costo variable asociado a producir x unidades de un determinado producto en el instante, t . Mientras que $c(x)$ es una función convexa que solo depende de la cantidad a producir. Supóngase, además, que la evolución tecnológica está representada por la ecuación diferencial:

$$\dot{T} = \alpha T \quad (3)$$

⁴ Es claro que Schumpeter (1942), con su “destrucción creativa”, logró explicar cómo el cambio tecnológico era un proceso cotidiano que permitía innovar e incorporar productos y procesos más eficientes, en el amplio sentido de la palabra, pero es ahora con la sociedad del conocimiento que el proceso de cambio tecnológico e innovación se dinamiza de forma tan acelerada, que es difícil compararlo con épocas anteriores.

es decir, el incremento en la tecnología disponible, en un momento determinado, depende de la acumulación tecnológica existente. De esta forma:

$$T(t) = T(t_0)e^{t-t_0} \quad (4)$$

siendo $T(t_0)$ la tecnología disponible en el momento inicial $t = t_0$.

Por otro lado, considerando el caso endógeno, a partir de los trabajos de Arrow (1962) y Ramanathan (1982), en este estudio se introduce un tipo de avance tecnológico que es capaz de incorporarse a los procesos productivos, a través de la experiencia pasada, como sería si este dependiera del producto acumulado en el tiempo, situación que Arrow definió como “aprendizaje por ejecución”, un tipo de cambio tecnológico inducido, el que enseguida se representa como:

$$\frac{\dot{T}}{T} = \beta \frac{\dot{X}}{X} - \mu \quad (5)$$

Donde el factor tecnológico depende del producto acumulado en el pasado, que al diferenciarlo logarítmicamente permite arribar a la expresión:

$$T(x, t) = x^\beta e^{-\mu t} \quad (6)$$

Que a su vez representa al factor tecnológico inducido en el capital acumulado en el pasado. Nótese que si $\beta = 0$, la tecnología será nuevamente del tipo exógeno; mientras que cuando $\beta \neq 0$, se estará ante un factor tecnológico endógeno.

Referencias bibliográficas acordes con los tipos de tecnología pueden encontrarse en: Cimoli y Della Giusta (1998) y Berumen (2006), quienes entienden el cambio tecnológico como un proceso de aprendizaje acumulativo y endógeno creciente.

3. El crecimiento de la población en el largo plazo

El aumento poblacional puede considerarse una causa natural para el incremento de la demanda de un determinado producto y, consecuentemente, una poderosa razón para modificar las condiciones que legitiman el monopolio natural; situación que, solo existe ante una determinada relación entre tecnología, oferta y demanda. Por tal motivo, en este estudio son

consideradas algunas características viables del crecimiento de la población que impactarán en las características del mercado.

Por lo general, en economía, se trabaja con modelos de crecimiento en los que la tasa de crecimiento poblacional es constante, los modelos de Ramsey (1928) y Solow (1956) son paradigmáticos en este sentido. No obstante, es mucho más intuitivo trabajar con modelos de crecimiento en los que la tasa de población es variable, específicamente decreciente, debido a que esta representa un tipo de comportamiento poblacional más acorde con el de la realidad (Accinelli y Brida, 2007a). En este trabajo, se considera que la población crece de acuerdo con la siguiente ley:

En cada momento t , el número de individuos está determinado por $L(t)$, tal que:

(a) $L(0) = L_0 > 0$, $\dot{L}(t) > 0, \forall t \geq 0$ y $\lim_{t \rightarrow \infty} L(t) = L_\infty < \infty$, es decir, la población es estrictamente creciente y acotada.

(b) Sea $n(t)$ la tasa de crecimiento poblacional, esto es $n(t) = \frac{\dot{L}(t)}{L(t)}$, entonces $n(t) < 0, \forall t \geq 0$ y, además, $\lim_{t \rightarrow \infty} n(t) = 0$. Es decir, la tasa de crecimiento poblacional decrece estrictamente a cero.

A continuación, se ofrecerá el ejemplo de un monopolio natural que se sostiene como tal en el largo plazo.

4. Permanencia del caso clásico

En este ejemplo, la firma establecida para mantenerse en el mercado deberá vender su producto a un precio superior al costo marginal. En caso de que la firma se viera obligada a vender de acuerdo con la regla de competencia perfecta, deberá salir del mercado en el largo plazo, o bien, deberá recibir algún subsidio como lo propuso por primera vez Hotelling (1938). En estas condiciones, una firma entrante, que decida entrar, deberá ofrecer su producto por encima del costo medio, por lo que la demanda será cero o alternativamente deberá vender por debajo del costo medio, lo que implicará pérdidas para la firma. Esta situación inhibe la entrada de cualquier firma competidora.

Por otra parte, es posible que la firma establecida venda su producto por un valor superior al costo medio, si es el caso de que entrar suponga altos costos fijos, lo que impide el ingreso al mercado de la competidora en forma

inmediata, más aún sabiendo que la establecida, si fuera necesario, podrá bajar sus costos hasta el costo medio para impedir su entrada.

No obstante, la estabilidad de esta situación en el largo plazo no puede afirmarse, pues una modificación en la demanda lleva a que desaparezca la situación que define el monopolio natural. En este sentido, es normal pensar que con el tiempo la demanda se incrementará (por ejemplo a D_2 en la gráfica 1), basta para justificar esto el incremento de la población. Así, si la función de costos se mantiene fija, la demanda incrementada en un lapso puede llegar a cortar la función de costos a la derecha del punto de corte de las curvas de costo medio de largo plazo y la de costo marginal (a la derecha de x^*), con lo cual desaparece, por tanto, la situación de monopolio natural, y se da lugar a la entrada de firmas competidoras. Sin embargo, si la tecnología de la firma establecida se desarrolla y permite bajar los costos, entonces la situación que garantiza el monopolio natural se mantiene en el tiempo. Este intento por mantener su privilegio convertirá a la firma monopolista en un impulsor de la productividad y el crecimiento.

4.1 El monopolio natural sustentable con cambio tecnológico exógeno

A continuación se presenta un modelo en el que por modificación de factores exógenos (en este caso el incremento de la población), se produce un incremento en la demanda, lo que ocasiona que una firma establecida pueda mantener su condición de monopolista natural. Se denominará a este, “monopolio natural sostenible”. También se analiza la posibilidad de que la firma se mantenga como tal, mediante la mejora de su productividad. Si bien este es un ejemplo sencillo, ilustra la posibilidad de que un monopolio natural se mantenga como tal bajo supuestos ampliamente considerados en la literatura especializada.

El desarrollo tecnológico actúa sobre los costos variables y provoca que estos se reduzcan con el tiempo $c_v(x, t) = A(t)c(x)$, siendo $A(t) = T^{-1}(t)$ una función derivable y tal, que su derivada es $A'(t) < 0$. El desarrollo tecnológico puede hacer más eficiente al capital, al capital humano o a ambos; desde el punto de vista del ejemplo a tratar, es indiferente. La función $c(x)$ es convexa y representa el costo de producir una cantidad x del producto.

Para fijar ideas, considérese una firma cuya función de costos totales está dada por:

$$c_t(x, t) = ax^2e^{-t} + F \quad (7)$$

Siendo a una constante positiva, mientras que F representa los costos fijos. El factor $A(t) = e^{-t}$ representa la reducción del costo variable $c(x) = ax^2$ en el tiempo, por acción de la tecnología. Se tiene entonces que, la función de costos medios es:

$$\frac{c_t(x, t)}{x} = axe^{-t} + \frac{F}{x} \quad (8)$$

Mientras que el costo marginal es:

$$c'(x) = 2axe^{-t} \quad (9)$$

El punto de corte de estas dos curvas, corresponde a:

$$x^*(t) = \sqrt{\frac{F}{a}} e^{\frac{1}{2}t} \quad (10)$$

Dado que el monopolio es natural, el monopolista fijará su precio unitario por el costo medio, por lo que se asume que en $t = t_0$, se verificará que:

$$p(x, t_0) = \frac{c_t(x, t_0)}{x} = axe^{-t_0} + \frac{F}{x} \quad (11)$$

Supóngase además, que la función de demanda en $t = t_0$ corresponde a una

recta que pasa por los puntos $Q_1 = (x_1, ax_1e^{-t_0} + \frac{F}{x_1})$, siendo x_1 la oferta del

monopolista que iguala a la demanda cuando el precio es igual al costo medio, y $Q_2 = (x_2, ax_2e^{-t_0})$ siendo $x_1 < x_2 < x^*(t_0)$, es decir, un punto sobre la curva de costos marginales, cuya abscisa se ubica entre la oferta del monopolista y el punto de mínimo costo marginal en $t = t_0$, la ecuación de esta recta que corresponde a la función de demanda inversa, será:

$$p(x, t_0) = \frac{-ax_1e^{-t_0}}{x_2 - x_1}(x - x_1) + ax_1e^{-t_0} + \frac{F}{x_1} \quad (12)$$

Se asume también que en $t = t_0$ el mercado está en equilibrio, es decir que siendo el precio igual al costo medio, la oferta es igual a la demanda, lo que supone $x = x_1$ y $p_0 = p(x_1, t_0)$. Enseguida, supóngase que la demanda se incrementa con la población que crece de acuerdo con la ley $L(t)$, y que siendo $L(t_0) = L_0$, es decir, que en el momento $t = t_0$ la población es L_0 .

Luego, asumiendo que la demanda, representada por la función $d : R \rightarrow R$ crece linealmente con la población, se tendrá que: $d(t) = k(L(t_0) + \Delta L(t))$, siendo $d(t_0) = kL(t_0) = x_1$, mientras que $\Delta L(t) = L(t) - L(t_0)$.

Si la función de tecnología no cambia con el tiempo, aun en el caso de que inicialmente se dé la situación de que la demanda corte a las curvas de costo medio y marginal en: $d(t_0) = x_1 < x_2 < x^*$, con el transcurrir del tiempo, puede suceder que: $x^* < d(t) < x_2(t)$, entonces, el mercado dejará de corresponder a un monopolio natural. La situación ahora es tal que la demanda estará ubicada al lado derecho del punto de corte de las curvas de costo marginal y costo medio, situación en la cual el monopolio solamente se mantiene si se imponen leyes que garanticen su permanencia, con lo que deja de ser natural. No obstante, bajo el supuesto de mejora tecnológica, representada por e^{-t} en la función de costos considerada, el punto de corte de la curva de costos medios y la de costos marginales se desplaza hacia la derecha, de forma tal que en el instante t se verifica la desigualdad: $x^*(t_0) < x^*(t)$, lo que conduce a que la situación de monopolio natural sea sostenible en el tiempo. De esta forma, la mejora tecnológica perpetúa las condiciones que hacen que el monopolio sea natural, y consecuentemente se le observa como una forma óptima de producir. La amenaza permanente de entrantes o, en su ausencia, la oficina de regulación, harán que el precio se mantenga igual al costo medio, mientras esta situación sea sostenible; cuando deje de serlo, se estará ante un escenario donde la maximización del beneficio supone precios igual al costo marginal, lo que permitirá el ingreso de las potenciales entrantes.

La ley que rige la evolución tecnológica, considerada en este trabajo, logra que el monopolio natural sea sostenible en el tiempo, como tal, es decir, sin leyes de exclusividad de ningún tipo y bajo supuestos muy diversos de crecimiento poblacional; por ejemplo, cualquiera que verifique las propiedades indicadas en la sección 3, podrá observar a través de casos particulares, como: Accinelli y Brida (2006), en donde se considera la ecuación de Richards para el crecimiento, o en: Accinelli y Brida (2007b), que considera la ecuación de von Bertalanfy.

4.2 El monopolio natural sustentable con cambio tecnológico endógeno

Ahora bien, al integrar el cambio tecnológico inducido o de aprendizaje por ejecución, el que está representado por el producto acumulado en el pasado y que se incorpora a la producción a través de la función de costos, se tendrán como resultado algunas variaciones con respecto al caso exógeno.

Cuando se parte de la forma más general de cambio tecnológico inducido, según lo cual: $T(x, t) = x^\beta e^{-\mu t}$, al incorporarlo en la función de costos totales, de la misma forma que en el caso exógeno, se obtendrá:

$$c(x, t) = ax^2 x^\beta e^{-\mu t} + F$$

o

$$c(x, t) = ax^{2+\beta} e^{-\mu t} + F, \text{ con } \beta, \mu > 0 \quad (13)$$

Los costos medios serán:

$$\frac{c_t(x, t)}{x} = ax^{1+\beta} e^{-\mu t} + \frac{F}{x} \quad (14)$$

Y los costos marginales:

$$c' = a(2 + \beta)x^{1+\beta} e^{-\mu t} \quad (15)$$

Por lo que, el intervalo de cruce entre estos dos será:

$$\hat{x}^*(t) = \sqrt[2+\beta]{\frac{F}{a(1+\beta)}} e^{\frac{\mu}{2+\beta}t} \quad (16)$$

Con lo obtenido en $\hat{x}^*$, se sabe que x^* es un caso particular del primero y que en la medida que se cumpla $\beta > \mu - 2$, la velocidad a la que los costos se eficientizan o bajan, será mayor.

4.3 Un ejemplo numérico

Como se puede observar al comparar $\hat{x}^*$ y x^* , cuando $\beta = 0$, estas se igualan, con lo que el factor tecnológico endógeno se reduce al caso exógeno. Ahora bien, analizando la situación particular en que $\beta = \mu = 1$ con una función de costos cuadrática, como en el caso exógeno⁵, el caso endógeno resultará en una función de costos totales cúbica, de la que al calcular los costos medios y marginales e igualarlos, es posible arribar al punto de corte que indica el inicio de la parte creciente de los costos marginales:

⁵ Cabe mencionar que, cuando la función de costos variables es lineal o se cumple que $\beta = -1$ y $\mu = 1$, los resultados que se obtendrán serán equiparables a los del caso del factor tecnológico exógeno.

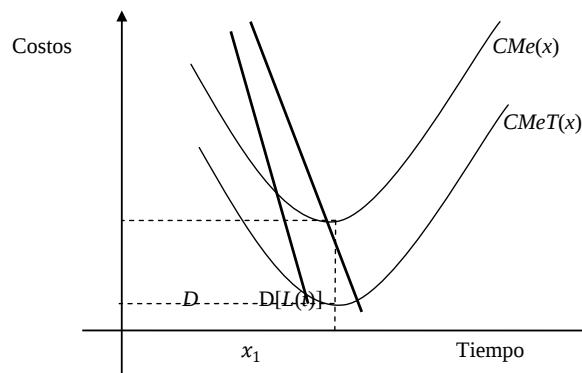
$$\hat{x}^*(t) = \sqrt[3]{\frac{F}{2a}} e^{\frac{1}{3}t} \quad (17)$$

Al otorgar algunos valores numéricos a los parámetros de $\hat{x}^*$ y x^* , para una función de costos cuadrática, por ejemplo: $F=125$; $a=5$; $\beta=\mu=1$; para valores en el tiempo: $t=1$, se obtendrán los siguientes resultados:

Tabla 1

Tiempo	x^*	$\hat{x}^*$
t_1	8.24	3.24

Gráfica 2



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla 1 deben ser interpretados como los puntos mínimos de las curvas de costos medios en el tiempo 1. Una vez que la demanda se desplaza debido al crecimiento poblacional ($D_2[L(t)]$), el costo medio de tecnología exógena ($CMe(x)$) se queda del lado derecho de la curva de costos, permitiendo la posibilidad de entrada de empresas competidoras. Con la incorporación de la tecnología endógena, los costos medios ($CMeT(x)$) se reducen y el punto mínimo regresa al área de sostenibilidad del monopolio.

Consecuente con lo anterior, en la medida que los monopolios naturales incorporan un factor tecnológico endógeno, estos obtendrán una mayor capacidad para innovar, la que se podrá traducir en mayores posibilidades para conservar su posición de privilegio⁶.

⁶ Lo que es congruente con lo expresado por Gates (1996).

Conclusiones

Las posibilidades de que un monopolio natural se mantenga como tal, aun en casos en los que la demanda, por efectos del crecimiento poblacional, se desplace, muestra la pertinencia de profundizar en la consideración de las circunstancias en las que promover la libre competencia y la libre entrada, es más beneficioso para el crecimiento económico y el bienestar, que la aplicación de medidas regulatorias *per se*. En estos casos, el crecimiento económico será resultado del cambio tecnológico y la innovación. En la teoría económica, el cambio tecnológico en general es asumido como un elemento que actúa en el largo plazo y es determinante de la mejora del bienestar social. En este trabajo, se asume la posibilidad de un cambio tecnológico que redunde en un aumento de la eficiencia, a corto o mediano plazo, que le permite al monopolio natural mantenerse como tal por un mayor tiempo, no obstante variaciones positivas de la demanda.

Cuando la firma logra sostenerse en tal mercado, a partir de la ventaja tecnológica, estará construyendo barreras eficientes y eficaces a la entrada del mercado en el sentido de Posner (1976), lo que supone que las trabas legales serán innecesarias para sostenerse como monopolio puro. Así, será probable que el intento por desarrollar la competencia en estas situaciones, redunde en ineficiencias y afectaciones al bienestar social, o en la desaparición de aquellos mercados incapaces de sostener la regla: precio igual a costo marginal (Bork, 1978).

Por lo tanto, se puede concluir que, un planificador central benevolente deberá analizar la estructura de mercado antes de introducir reglas de política económica, las que en casos de ramas en las que existen monopolios naturales sostenibles, deberán tender a desarrollar la competitividad al interior de esta, antes que la propia competencia, a fin de estimular el bienestar social.

Finalmente, cabe señalar que el análisis de una situación en la que es más conveniente producir con una firma que con más de una, generaliza el concepto de monopolio natural, pues no supone costos decrecientes a escala. En este sentido, tal como sucedió con el ejemplo que se introdujo en la sección 1, pueden citarse casos en los que aun a pesar de existir costos crecientes a escala, el costo de producir dentro de determinados límites es menor cuando se realiza con una firma que con más de una, lo que nuevamente alerta sobre el necesario cuidado con que el planificador benevolente deberá analizar los mercados monopolistas.

Referencias

- Accinelli, E. and G. Brida (2007a). "Population growth and the Solow-Swan model." *International Journal of Ecological Economics and Statistics*, 8 (S07), 54-63.
- _____ (2007b). "The Dynamics of the Ramsey Economic Growth Model with the von Bertalanffy Population Growth Law." *Applied Mathematical Sciences*, 1(1-4), 109-118.
- _____ (2006). "Re-formulation of the Ramsey model of optimal economic growth." *WSEAS Transactions on Mathematics*, 5(5), 473-479.
- Aghion, P. and R. Griffith (2005). *Competition and Growth: Reconciling theory and evidence*. London: MIT Press .
- _____ and P. Howitt (1992). "A model of Growth through Creative Destruction." *Econometrica* , 60(2), 323-351.
- Armentano, D. (1999). *Antitrust: the case for repeal*. Auburn: Cato Institute.
- Arrow, K. (1962). "The economic implications of learning by doing." *Review of economic studies*, 29(80), 155-173.
- Berg, S. (1988). *Natural monopoly regulation: Principles and Practice*. New York: Cambridge University Press.
- Berumen, S. (2006). "La cuestión del crecimiento económico desde el pensamiento evolucionista." *Panorama Socioeconómico*, 24(33), 86-95.
- Boisier, S. (2001). *Sociedad del conocimiento, conocimiento social y gestión territorial*. (paper).
- Boldrin, M. and D. Levine (2008). *Against intellectual monopoly*. New York: Cambridge University Press.
- Bork, R. H. (1978). *The antitrust paradox: A policy at war with itself*. New York: The Free Press.
- Castells, M. (2000). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. Volumen I: La sociedad red*. Madrid: Alianza.
- Cimoli M. y M. Della Giusta (1998). "The Nature of Technological Change and Its Main Implications on National and Local Systems of Innovation." Working Papers ir98029, International Institute for Applied Systems Analysis.
- Gates, B. (1996). *Camino al futuro*. México: McGraw-Hill.
- Grossman, G. and E. Helpman (1993). *Innovation and Growth in the Global Economy*. London: MIT Press.
- Hotelling, H. (1938). "General welfare in relation to problems of taxation and railway and utility rates." *Econometrica*, 6(3), 242-269.

- Mosca, M. (2006). *On the origins of the concept of natural monopoly*. (Università di Lecce Department of Economics Working Paper No. 92/45) From SSRN: <http://ssrn.com/abstract=975461>
- OECD (2000). *The economy beyond the hype. The OECD growth project*. (Meeting of the OECD council at ministerial level), París, Francia.
- OECD (2001). *Science, technology and industry. Outlook 2000*, París: OECD Outlook.
- Posner, R. A. (1976). *Antitrust law: An economic perspective*. Chicago: The University of Chicago press.
- Ramanathan, R. (1982). *Lecture notes in economics and mathematical systems No 205: Introduction to the theory of economic growth*. New York: Springer-Verlag/Berlin Heidelberg.
- Ramsey F. P. (1928). "A mathematical theory of saving." *The Economic Journal*, 38(152), 543-559.
- Reksulak, M., F. Shughart and R. D. Tollison (2008). "Innovation and the opportunity cost of monopoly." *Managerial and Decision Economics*, 29(8), 619-627.
- Romer, P. (1998). "Endogenous Technological Change." *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Schumpeter, J. A. (1942). The Process of Creative Destruction. In Schumpeter, J. (Ed.), *Capitalism, Socialism and Democracy*, (cap. VII). New York: Harper-Collins.
- Segura, J. (1993). *Teoría de la economía industrial*. Madrid: Civitas.
- Solow, R. (1956). "A contribution to the theory of economic growth." *The Quarterly Journal of Economic*, 70(1), 65-94.
- Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, MA/London: MIT Press.

Ensayos Revista de Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, volumen treinta y uno, número uno, se terminó de imprimir el primero de mayo del año dos mil doce en los talleres de Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64000.

El tiraje consta de 30 ejemplares.

Ensayos Revista de Economía es una revista arbitrada que publica artículos de investigación inéditos de alto rigor académico en los campos de la economía aplicada y teórica, la estadística y las ciencias sociales afines. Se publican trabajos en español e inglés dos veces al año, enero y julio. Está indexada en EconLit (*American Economic Association*), SciELO México, Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología (CRMcyT) del Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO y puede consultarse en la base de datos Fuente Académica Premier™ de EBSCO y en RePEc (*Research Papers in Economics*).

Instrucciones para autores:

- Los trabajos deben corresponder a investigaciones concluidas que planteen claramente una hipótesis.
- Se dará preferencia a los trabajos que empleen un modelo teórico matemático como soporte o una metodología estadística/econométrica que someta a prueba la hipótesis.
- Los artículos deben enviarse acompañado de una carta firmada por el autor o los autores declarando que posee(n) los derechos de autor, que el trabajo es inédito y original, y que no está sometido, ni en proceso, para su publicación total o parcial en otra revista especializada o libro.
- El autor o los autores debe(n) enviar una copia de su currículum vitae.
- Los artículos pueden redactarse en inglés o español; sin embargo, el título, el resumen y las palabras clave deben presentarse en ambos idiomas.
- El resumen no excede las 150 palabras e incluye los códigos de clasificación JEL después del resumen.
- El título del trabajo debe ser claro y breve (máximo 10 palabras).
- Los manuscritos deben enviarse en formato compatible con Microsoft Word, con una extensión máxima de 45 cuartillas, interlineado de 1.5, y fuente Times New Roman tamaño 12.
- Las gráficas y cuadros deben enviarse en formato Excel. No se deben incluir gráficas o cuadros en formato de imagen.
- La sección de referencias incluye únicamente los trabajos citados en el texto, ordenados alfabéticamente y siguiendo el formato establecido para citar artículos, libros, capítulos de libros, informes técnicos, tesis, entre otras fuentes de información. Las instrucciones de citación están disponibles en la página de la revista.
- Los artículos deben enviarse de forma electrónica a través de la página de la revista: <http://ensayos.uanl.mx>. Para ello, el autor debe registrarse en la página como usuario y seguir los cinco pasos para nuevos envíos.

Ensayos Revista de Economía is a peer-reviewed journal that publishes original research articles of high academic rigor in the fields of applied and theoretical economics, statistics, and related social sciences. The journal publishes works in both Spanish and English twice a year, in January and July. It is indexed in EconLit (*American Economic Association*), SciELO Mexico, *Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología* (CRMcyT) of the *National Council of Science, Humanities, and Technology* (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO, and can also be accessed through the *Fuente Académica Premier™* database by EBSCO and RePEc (*Research Papers in Economics*).

Author guidelines:

- The papers must correspond to completed research that clearly states a hypothesis.
- Preference will be given to papers that employ a supporting mathematical theoretical model or a statistical/econometric methodology that tests the hypothesis.
- Articles must be accompanied by a signed letter from the author(s) declaring ownership of the copyright, originality of the work, and that is not under review or in process for full or partial publication in another specialized journal or book.
- The author(s) must send a copy of their curriculum vitae.
- Articles may be written in English or Spanish; however, the title, abstract, and keywords must be presented in both languages.
- The abstract must not exceed 150 words, and should include JEL classification codes after the abstract.
- The article title should be clear and concise (maximum of 10 words).
- Manuscripts must be submitted in a Microsoft Word compatible format, with a maximum length of 45 pages, 1.5 line spacing, and Times New Roman font, size 12.
- Graphs and tables must be submitted in Excel format. Graphs or tables in image format are not accepted.
- The reference section should include only works cited in the text, listed alphabetically and following the citation format for articles, books, book chapters, technical reports, theses, and other sources. Citation guidelines are available on the journal's website.
- Articles must be submitted electronically through the journal's website: <https://ensayos.uanl.mx>. Authors must register as users and follow the five steps for new articles.

